



Escola d'Enginyeria de Telecomunicació i
Aeroespacial de Castelldefels

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

TREBALL FINAL DE GRAU

TÍTOL DEL TFG: Estudi teòric i econòmic del *Free Route Airspace*

TITULACIÓ: Grau en Enginyeria d'Aeronavegació

AUTORS: Adrià Mas Mascolo
Anna Riera López

DIRECTORA: Joana Rubio Lopez

DATA: 6 de Setembre 2018

Títol: Estudi teòric i econòmic del *Free Route Airspace*

Autors: Adrià Mas Mascolo
Anna Riera López

Director: Joana Rubio López

Data: 6 de Setembre 2018

Resum

L'actual configuració de l'espai aeri europeu està fragmentada, definida per l'espai aeri nacional de cada país que afecta directament l'eficiència i els costos de la navegació aèria. Per aquest motiu l'any 2000, Eurocontrol va començar el projecte del Cel Únic Europeu que va promoure els Blocs Funcionals d'Espai Aeri (FAB), una iniciativa que redistribueix l'espai aeri sense tenir en compte les fronteres de cada estat. D'acord amb aquesta iniciativa Europa ara es distribueix en nous blocs funcionals d'espai aeri que han permès la implementació del *Free Route Airspace (FRA)*, una manera més eficient de navegar, ja que permet creuar un espai aeri de punta a punta en línia recta donats només un punt d'entrada i un punt de sortida.

Un cop vistos els aspectes teòrics de la implementació, el projecte pretén realitzar un estudi a nivell d'estalvi econòmic que relacioni una companyia aèria, en aquest cas Vueling, amb la implementació del FRA. Tot això ens permetrà avaluar quins beneficis s'obtenen i de quina manera es podria arribar a optimitzar l'operativa de la companyia enfocant-la en extreure un millor rendiment de les zones operatives amb FRA en l'actualitat.

L'objectiu final doncs, és proporcionar valors econòmics d'estalvi de combustible i temps de vol després d'estudiar els darrers dos mesos d'operativa de la companyia per concloure en quin grau el nou disseny d'espai aeri afavoreix a les companyies aèries, i en concret, a les de baix cost.

Un cop analitzats els resultats, veiem que tot i que la implementació del *Free Route Airspace* encara no és completa i la companyia Vueling no en fa un ús excessiu els beneficis són de l'ordre dels 400.000 € durant els darrers dos mesos.

En general, es vol evidenciar la necessitat d'una reestructuració de l'espai aeri europeu, la qual ja s'està duent a terme, i demostrar que no tan sols la navegació aèria resulta més eficient i proporciona un augment de la capacitat de l'espai per tal de poder gestionar el futur augment del trànsit, sinó que també les companyies aèries n'extreuen benefici.

Title: Theoretical and econòmic study of *Free Route Airspace*

Authors: Adrià Mas Mascolo
Anna Riera López

Director: Joana Rubio López

Date: 6th September 2018

Overview

The current configuration of the European airspace is fragmented, defined by national boundaries that directly affects the efficiency and costs of air navigation. For this reason Eurocontrol started the project of the Single European Sky that promoted the Functional Airspace Blocks (FAB), an initiative that redistributes the airspace without taking into account national borders. According to this initiative, Europe is now distributed in nine functional airspace blocks that have allowed the implementation of Free Route Airspace (FRA), a more efficient way of navigating, as it allows crossing an airspace from point to point in a straight line given only one entry point and one exit point.

Once we have seen the theoretical aspects of the implementation, the project aims to study the economic savings linked to an airline, in this case Vueling, with the implementation of the FRA. All this will allow us to evaluate what benefits are obtained and how it could be achieved to optimize the company's operations by focusing on obtaining a better performance in the operating areas with FRA nowadays.

The final objective then, is to provide economic values of fuel savings and flight time while studying the company's last two months of operation and to conclude to what extent the new airspace design favours air carriers , and specifically, those low cost.

Once the study has been completed, we have seen that even though Free Route Airspace is not yet totally implemented and that Vueling does not make an excessive use of it, the savings are quite high, by the order of 400.000 €.

In general, we want to show the need for a restructuration of the European airspace, which is already under way, and to show not only that air navigation is more efficient and provides an increase in the capacity of the space to be able to manage the future increase in traffic, but also that airlines also benefit from it.

INDEX

GLOSSARI	1
GLOSSARI D'AEROPORTS.....	5
INTRODUCCIÓ	7
CAPÍTOL 1. COMPARACIÓ DE L'ATM ENTRE ESTATS UNITS I EUROPA.....	9
1.1. Àmbit d'estudi.....	9
1.2. Organització de l'ATM.....	10
1.3. Gestió de l'espai aeri (ASM) i disseny	10
1.4. Gestió del Flux de Trànsit Aeri (ATFM) i Control del Trànsit Aeri (ATC)	12
CAPÍTOL 2. SESAR.....	15
2.1. Justificació	15
2.2. Implementació	16
2.2.1. On es vol arribar?	16
CAPÍTOL 3. BLOCS FUNCIONALS D'ESPAI AERI.....	19
3.1. Formació dels blocs funcionals.....	20
3.1.1. BALTIC FAB.....	21
3.1.2. BLUE MED FAB	24
3.1.3. DANUBE FAB.....	25
3.1.4. DK-SE FAB	27
3.1.5. FAB CE	28
3.1.6. FABEC.....	29
3.1.7. NEFAB.....	31
3.1.8. SW FEAB	33
3.1.9. UK-Ireland FAB.....	34
3.2. Disseny de l'espai aeri	36
CAPÍTOL 4. FREE ROUTE AIRSPACE	39
4.1. Definició.....	39
4.2. Suport tècnic i operacional	40
4.3.1. Punts significatius.....	42
4.3.2. Regles horitzontals	43
4.3.3. Regles verticals.....	44
4.4. Implementació	46
4.5. Beneficis.....	51
4.5.1. Usuaris de l'espai aeri.....	51
4.5.2. ANSP.....	52
CAPÍTOL 5. VUELING	53
5.1. Estructura	54
5.1.1. WSI FUSION REPLAY	54
5.1.2. AIRFASE	56
CAPÍTOL 6. RESULTATS	59
6.1. Valors generals obtinguts.....	59
6.2. Combustible estalviat per les rutes operades dins del FRA.....	59
6.2.1. Combustible estalviat per les rutes operades amb FRA – A319	60
6.2.2. Combustible estalviat per les rutes operades amb FRA – A320 & A32A	62
6.2.3. Combustible estalviat per les rutes operades amb FRA – A321	66
6.3. Temps de vol estalviat per les rutes operades dins del FRA.....	68
6.4. Utilització de FRA per hores.....	70
6.5. Utilització de FRA per espai aeri.....	72
6.5.1. Rutes amb origen a Espanya.	75
6.5.2. Rutes amb origen a l'estranger	76
CAPÍTOL 7. CONCLUSIONS.....	79
7.1. Recomanacions	81
BIBLIOGRAFIA.....	83
ANNEX A.	87
A.1. Taula A319 Combustible.....	87

A.2. Taula A320&A320A Combustible.....	88
A.3. Taula A321 Combustible.....	88
ANNEX B. TAULA FRA PER HORA	89
ANNEX C. DIMENSIONS A320	91
ANNEX D. CODI MATLAB	93

LLISTA DE FIGURES

FIGURA 1.1. DISTRIBUCIÓ GEOGRÀFICA.....	9
FIGURA 1.2: COMPARACIÓ DE L'ÚS DE L'ESPAI AERI MILITAR	12
FIGURA 3.1. NOMBRE DE PASSATGER TRANSPORTATS PER ANY.....	19
FIGURA 3.2. DISTRIBUCIÓ GEOGRÀFICA DELS BLOCS FUNCIONALS D'ESPAI AERI	20
FIGURA 3.3. DISTRIBUCIÓ GEOGRÀFICA DEL BÀLTIC FAB	23
FIGURA 3.4. DISTRIBUCIÓ GEOGRÀFICA DEL BLUE MED FAB	24
FIGURA 3.5. DISTRIBUCIÓ GEOGRÀFICA DEL DANUBE FAB.....	26
FIGURA 3.6. DISTRIBUCIÓ GEOGRÀFICA DEL DK-SE FAB	27
FIGURA 3.7. DISTRIBUCIÓ GEOGRÀFICA DEL FAB CE	29
FIGURA 3.8. DISTRIBUCIÓ GEOGRÀFICA DEL FABEC.....	30
FIGURA 3.9. DISTRIBUCIÓ GEOGRÀFICA DEL NEFAB	32
FIGURA 3.10. DISTRIBUCIÓ GEOGRÀFICA DEL SW FAB	34
FIGURA 3.11. DISTRIBUCIÓ GEOGRÀFICA DEL UK-IRL FAB.....	35
FIGURA 3.12. DIFERÈNCIA ENTRE UNA RUTA SENSE FAB I LA RUTA DESPRÉS D'APLICAR FAB.....	36
FIGURA 4.1. CONCEPTE DE FREE ROUTE AIRSPACE.....	40
FIGURA 4.2. DEFINICIÓ DE PUNTS SIGNIFICATIU EN ESPAI AERI FRA.....	43
FIGURA 4.3. EXEMPLE IMPLEMENTACIÓ LÍMITS TRANSFRONTERERS	45
FIGURA 4.4. ESTÀNDARDS D'IMPLEMENTACIÓ	47
FIGURA 4.5. IMPLEMENTACIÓ FRA A FINALS DE 2018.....	48
FIGURA 4.6. IMPLEMENTACIÓ FRA FINAL 2022.....	51
FIGURA 4.1. CAPTURA MOMENTÀNIA DEL SOFTWARE WSI FUSION.....	55
FIGURA 5.2. DADES QUE PROPORCIONA EL SOFTWARE WSI FUSION.....	55
FIGURA 5.3. SOFTWARE EMPLEAT PER MONITORITZAR LES DADES DE VOL, UTILITZAT PER AIRBUS I VUELING ENTRE D'ALTRES.....	56
FIGURA 5.4. SCRIPT QUE RETORNA EL PES DE L'AVIÓ.....	56
FIGURA 5.5. PART DEL FITXER EXCEL AMB TOTES LES DADES	57
FIGURA 5.6. PART DEL FITXER EXCEL PROPORCIONAT PER LA COMPANYIA ON APAREIXEN ELS PUNTS D'ENTRADA I SORTIDA D'ESPACIS AERIS FRA	58
FIGURA 6.1. ESTALVI EN COMBUSTIBLE CREMAT (€).....	61
FIGURA 6.2. RUTES QUE HAN GENERAT UNS ESTALVIS ECONÒMICS MAJORS A 10.000€	63
FIGURA 6.3. LES 8 RUTES QUE GENEREN UN >10% D'ESTALVI DE COMBUSTIBLE PER VOL	64
FIGURA 6.4. ESTALVI TOTAL DE COMBUSTIBLE CREMAT PER VOL EN € EN A320&A32A.....	64
FIGURA 6.5. PERCENTATGE FRA RESPECTE TOTAL DE VOLS OPERATS EN AQUESTES RUTES	65
FIGURA 6.6. ESTALVIS EN COMBUSTIBLE CREMAT (€) A321	67
FIGURA 6.7. TEMPS EN RUTA ESTALVIAT.....	69
FIGURA 6.8. DISTÀNCIA MITJANA PER HORA	71
FIGURA 6.9. PERCENTATGE DE FRA PER HORES.....	71
FIGURA 6.10. TAULA EXCEL AMB DADES PER L'ESTUDI.....	73
FIGURA 6.11. REPRESENTACIÓ DE RUTA FRA	73
FIGURA 6.12. PERCENTATGE D'UTILITZACIÓ DE WAYPOINTS D'ENTRADA I SORTIDA EN FRA	74
FIGURA 6.13. DISTÀNCIA OPERADES DES D'ESPANYA EN FRA	76
FIGURA 6.14. RUTES OPERADES DES DE L'ESTRANGER AMB FRA	77
FIGURA A.1. TAULA A319 COMBUSTIBLE.....	87
FIGURA A.2. TAULA A320&A32A COMBUSTIBLE.....	88
FIGURA A.3. TAULA A321 COMBUSTIBLE.....	88
FIGURA B.1. TAULA FRA PER HORA	89
FIGURA C.1. DIMENSIONS A320.....	91

LLISTA DE TAULES

TAULA 1.1. COMPARACIÓ EUROPA I ESTATS UNITS	14
TAULA 3.1. ESTATS MEMBRES DE CADA FAB	21
TAULA 3.2. AUTORITATS COMPETENTS EN CADA ESTAT Membre DEL BALTIC FAB	22
TAULA 3.3. AUTORITATS COMPETENTS EN CADA ESTAT Membre DEL BLUE MED FAB.....	24
TAULA 3.4. AUTORITATS COMPETENTS EN CADA ESTAT Membre DEL DANUBE FAB	25
TABLA 3.5. AUTORITATS COMPETENTS EN CADA ESTAT Membre DEL DK-SE FAB	27
TAULA 3.6. AUTORITATS COMPETENTS EN CADA ESTAT Membre DEL FAB CE	28
TAULA 3.7. AUTORITATS COMPETENTS EN CADA ESTAT Membre DEL FABEC.....	30
TAULA 3.8. AUTORITATS COMPETENTS EN CADA ESTAT Membre DEL NEFAB	31
TAULA 3.9. AUTORITATS COMPETENTS EN CADA ESTAT Membre DEL SW FAB.....	33
TAULA 3.10. AUTORITATS COMPETENTS EN CADA ESTAT Membre DEL UK-IRELAND FAB	35
TAULA 6.1. VOLS OPERATS PER A319 EN TOTAL I EN FRA	60
TAULA 6.2. VALORS DE RUTES, VOLS OPERATS I % (A319)	61
TAULA 6.3. VALORS DE RUTES, VOLS OPERATS I % (A319) A ESPANYA SENSE COMPTAR FRA	61
TAULA 6.4. COMBUSTIBLE ESTALVIAT I GUANYES.....	62
TAULA 6.5. RESULTATS A320 & A32A	62
TAULA 6.7. COMBUSTIBLE ESTALVIAT I GUANYES.....	65
TAULA 6.8. VOLS OPERATS PER A321 EN TOTAL I EN FRA	66
TAULA 6.9. VOLS OPERATS PER A321 EN TOTAL I EN FRA	67
TAULA 6.10. TOTAL D'ESTALVIS I ESTALVI/VOL EN EL VOL LIRF-LEBL	68
TAULA 6.11. COMBUSTIBLE ESTALVIAT I GUANYES.....	68
TAULA 6.12. ESTALVI DE TEMPS I COMBUSTIBLE PER RUTA	70
TAULA 6.13. RUTES I VOLS OPERATS AMB I SENSE FRA AMB ORIGEN ESPANYA.....	75
TAULA 6.14. RUTES I VOLS OPERATS AMB I SENSE FRA AMB ORIGEN FORA D'ESPANYA	76
TAULA 6.15. RUTES I VOLS OPERATS AMB I SENSE FRA TOTALMENT ESTRANGERES.....	77
TAULA 7.1. ESTALVI ECONÒMIC EN VOLS FRA	80

GLOSSARI

ACC	<i>Area Control Center</i>	Centre de Control d'Àrea
AIP	<i>Aeronautical Information Publication</i>	Publicació d'Informació Aeronàutica
AIS	<i>Aeronautical Information Service</i>	Serveis d'Informació Aeronàutica
ANS	<i>Air Navigation Services</i>	Serveis de Navegació Aèria
ANSP	<i>Air Navigation Service Provider</i>	Proveïdors de Servei de Navegació Aèria
AOP	<i>Airport Operations</i>	Operacions Aeroportuàries
ARN	<i>Aviation Reference Number</i>	Número de Referència de l'Aviació
ARR	<i>Arrival</i>	Arribada
ARTCC	<i>Air route Traffic Control Centers</i>	Centre de Control de Tràfic en Ruta
ASM	<i>Airspace Management</i>	Gestió de l'espai aeri
ATC	<i>Air Traffic Control</i>	Control de trànsit aeri
ATCC	<i>Aviation Control Center</i>	Centre de Control de l'Aviació
ATCSCC	<i>Air Traffic Control Systems Command Center</i>	Centre de Comandament de Sistemes de Control del Trànsit Aeri
ATFCM	<i>Air Traffic Flow and Capacity Management</i>	Gestió del Flux Trànsit Aeri i la Capacitat
ATFM	<i>Air Traffic Flow Management</i>	Gestió del Flux de Trànsit Aeri
ATM	<i>Air Traffic Management</i>	Gestió del Trànsit Aeri
ATS	<i>Air Traffic Services</i>	Serveis de Trànsit Aeri
ATSEP	<i>Air Traffic Safety Electronics Personnel</i>	Personal de l'Electrònica de Seguretat de Trànsit Aeri
AUP	<i>Airspace Use Plan</i>	Pla d'Ús de l'Espai Aeri
BULATSA	<i>Bulgarian Airt Traffic Services Authority</i>	Autoritat Búlgara de Serveis de Trànsit Aeri
CDM	<i>Collaborative Decisio Making</i>	Pressa de Decissions en Col·laboració
CNS	<i>Communications, Navigation and Surveillance</i>	Comunicacions, Navegació i Vigilància
CTR	<i>Control Tower Region</i>	Regió de Control de Torre
DCAC	<i>Department of Civil Aviation</i>	Departament d'Aviació Civil
DCB	<i>Advanced Dyanmic Capacities</i>	Capacitats Dinàmiques Avançades

DCT	<i>Direct</i>	Directe
DEP	<i>Departure</i>	Sortida
DMI	<i>Danish Meteorological Institute</i>	Institut Meteorològi Danès
DoD	<i>Department of Defense</i>	Departament de Defensa
EATMN	<i>European Air Traffic Management Network</i>	Xarxa Europea de Gestió del Trànsit Aeri
EDA	<i>European Defence Agency</i>	Agència Europea de Defensa
ERNIP	<i>European Route Network Improvement Plan</i>	Pla de Millora de la Xarxa Europea de Rutes
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>	Administració Federal d'Aviació
FAB	<i>Funcional Airspace Bloc</i>	Bloc Funcional D'Espai Aeri
FDM	<i>Flight Data Monitoring</i>	Seguiment de Dades de Vol
FIR	<i>Flight Information Region</i>	Regió d'Informació de Vol
FL	<i>Flight Level</i>	Nivell de Vol
FLOS	<i>Flight Level Orientation Scheme</i>	Esquema d'Orientació de Nivell de Vol
FMP	<i>Flow Management Position</i>	Posició de Gestió de Flux
FRA	<i>Free Route Airspace</i>	Espai Aeri de Ruta Lliure
FUA	<i>Flexible Use of Airspace</i>	Ús Flexible de l'Espai Aeri
GND	<i>Ground</i>	Terra
IFR	<i>Instrument Flight Rules</i>	Regles de Vol Instrumental
LDA	<i>Landing Distance Availabe</i>	Distància d'Aterratge Disponible
LoA	<i>Letter of Agreement</i>	Cartes d'Acord
MET	<i>Metheorology</i>	Meteorologia
NAMCon	<i>Northern Europe Aviation Meteorology Consortium</i>	Consorci de Meteorologia de l'Aviació del Nord d'Europa
NEFRA	<i>Northern European Free Route Airspace</i>	
NMOC	<i>Network Manager Operations Center</i>	Centre d'Operacions de la Xarxa Manager
NOP	<i>Network Operations Plan</i>	Pla d'Operacions de Xarxa
NUAC	<i>Nordic Unified Air Traffic Control</i>	Control Trànsit Aeri Unificat Nòrdic
PBN	<i>Performance Based Navigation</i>	Navegació Basada en la Performance
RAD	<i>Route Availability Document</i>	Document de Disponibilitat de Rutes
ROMATSA	<i>Romanian Air Traffic Services Administration</i>	Administració de Serveis de Trànsit Aeri de Romania
RTS	<i>Real Time Simulation</i>	Simulació en Temps Real
SAR	<i>Search and Rescue</i>	Recerca i Rescat
SAXFRA	<i>Slovenian Austrian Cross Border Free Route Airspace</i>	

SEAFRA	<i>South-East Axis Free Route Airspace</i>	
SEENFRA	<i>South Eastern European Night Free Route Airspace</i>	
SES	<i>Single European Sky</i>	Cel Únic Europeu
	<i>Single European Sky ATM Research</i>	Investigació ATM del Cel Únic Europeu
SESAR		
	<i>Serbia and Montenegro Air Traffic Services Agency</i>	Agència de Serveis de Trànsit Aeri de Sèrbia i Montenegro
SMATSA		
	<i>Swedish Meteorological and Hydrological Institute</i>	Institut Meteorològic i Hidrològic de Suècia
SMHI		
SSR	<i>Secondary Surveillance Radar</i>	Radar Secundari
SUA	<i>Special Use Airspace</i>	Espai Aeri d'Ús Especial
SWIM	<i>System Wide Information Management</i>	
TMA	<i>Terminal Control Area</i>	Àrea de Control Terminal
TRACON	<i>Terminal Control Center</i>	Centre de Control de Terminal
UIR	<i>Upper Informaion Region</i>	Regió d'Informació Superior
UNL	<i>Unlimited</i>	Sense Limit
WAM	<i>Wide Area Multilateration</i>	Àmplia Àrea de Multilateració
WP	<i>Waypoint</i>	Waypoint

GLOSSARI D'AEROPORTS

AEROPORT	CODI IATA	CODI ICAO	AEROPORT	CODI IATA	CODI ICAO
Aalborg	AAL	EKYT	Luton	LTN	EGGW
Alacant	ALC	LEAL	Madeira	FNC	LPMA
Alger	ALG	DAAG	Madrid	MAD	LEMD
Alguer	AHO	LIEA	Màlaga	AGP	LEMG
Almeria	LEI	LEAM	Mallorca	PMI	LEPA
Amsterdam Schiphol	AMS	EHAM	Malta	MLA	LMML
Astúries	OVD	LEAS	Manchestr	MAN	EGCC
Atenes	ATH	LGAV	Marràqueix	RAK	GMMX
Banjul	BJL	GBYD	Marsella	MRS	LFML
Barcelona	BCN	LEBL	Menorca	MAH	LEMH
Bari	BRI	LIBD	Mikinos	JMK	LGMK
Basilea	BSL	LFSB	Milà	MLX	LIMC
Bastia (Còrsega)	BIA	LFKB	Minsk	MSQ	UMMS
Beirut	BEY	OLBA	Moscou (Domodedovo)	DME	UUDD
Belgrad	BEG	LYBE	Munic	MUC	EDDM
Bergen	BGO	ENBR	Nador	NDR	GMMW
Berlín (Tegel)	TXL	EDDT	Nantes	NTE	LFRS
Bilbao	BIO	LEBB	Nàpols	NAP	LIRN
Birmingham	BHX	EGBB	Niça	NCE	LFMN
Bolonya	BLQ	LIPE	Nuremberg	NUE	EDDN
Bordeus	BOD	LFBD	Òlbia	OLB	LIEO
Brest	BES	LFRB	Oran	ORN	DAOO
Bríndisi	BDS	LIBR	Oslo	OSL	ENGM
Brussel·les	BRU	EBBR	Palerm	PMO	LICJ
Bucarest	OTP	LROP	París (Charles de Gaulle)	CDG	LFPG
Budapest	BUD	LHBP	París (Orly)	ORY	LFPO
Cagliari	CAG	LIEE	Pisa (Toscana)	PSA	LIRP
Cardiff	CWL	EGFF	Porto	OPO	LPPR
Casablanca	CMN	GMNN	Praga	PRG	LKPR
Catània	CTA	LICC	Préveza	PVK	LGPZ
Copenhaguen	CPH	EKCH	Rennes	RNS	LFRN
Corfú	CFU	LGKR	Reykjavík	KEF	BIKF
Cracòvia	KRK	EPKK	Rodes	RHO	LGRP
Creta - Heraklion	HER	LGIR	Roma	FCO	LIRF
Dakar	DSS	KDKR	Salònica	SKG	LGTS

Dublín	DUB	EIDW	Sant Petersburg	LED	ULLI
Dubrovnik	DBV	LDDU	Sant Sebastià	EAS	LESO
Düsseldorf	DUS	EDDL	Santander	SDR	LEXJ
Edimburg	EDI	EGPH	Santiago	SCQ	LEST
Eivissa	IBZ	LEIB	Santorini	JTR	LGSR
Estocolm	ARN	ESSA	Saragossa	ZAZ	LEZG
Faro	FAO	LPFR	Sevilla	SVQ	LEZL
Fes	FEZ	GMFF	Split	SPU	LDSP
Florència	FLR	LIRQ	Stuttgart	STR	EDDS
Fuerteventura	FUE	GCFV	Tallinn	TLL	EETN
Gènova	GOA	LIMJ	Tànger	TNG	GMTT
Ginebra	GVA	LSGG	Tel Aviv	TLV	LLBG
Götebrog	GOT	ESGG	Tenerife Nord	TFN	GCXO
Gran Canària	LPA	GCLP	Tenerife Sud	TFS	GCTS
Granada	GRX	LEGR	Tolosa	TLS	LFBO
Hamburg	HAM	EDDH	Tunis	TUN	DTTA
Hannover	HAJ	EDDV	Turín	TRN	LIMF
Hèlsinki	HEL	EFHK	València	VLC	LEVC
Kàrpatos	AOK	LGKP	Valladolid	VLL	LEVD
Kiev	IEV	UKKK	Varsòvia	WAW	EPWA
Kos	KGS	LGKO	Venècia	VCE	LIPZ
La Corunya	LCG	LECO	Verona	VRN	LIPX
La Palma	SPC	GCLA	Viena	VIE	LOWW
Lampedusa	LMP	LICD	Vigo	VGO	LEVX
Lanzarote	ACE	GCRR	Xerès (Cadis)	XRY	LEJR
Làrnaca	LCA	LCLK	Xifalònia	EFL	LGKF
Lille	LIL	LFQQ	Zacint	ZTH	LGZA
Lió	LYS	LFLL	Zadar	ZAD	LDZD
Lisboa	LIS	LPPT	Zagreb	ZAG	LDZA
Londres (Gatwick)	LGW	EGKK	Zuric	ZRH	LSZH
Londres (Heathrow)	LHR	EGLL			

INTRODUCCIÓ

Segons un estudi¹ publicat l'any 2016 per EUROCONTROL (organització civil i militar integrada per 39 estats membres que tenen com a objectiu el desenvolupament d'un sistema segur, eficaç i coordinat del tràfic aeri europeu), l'espai aeri a nivell mundial cada cop es troba més congestionat degut a l'increment de vols, la complexitat del flux de tràfic aeri i la seva operativitat. Actualment, l'espai aeri europeu no és massa competitiu en quant al seu rendiment en comparació amb els Estats Units, l'any 2015 els Estats Units van controlar un 57% més de vols que Europa amb el 24% menys de controladors aeris a temps complert, fet que repercuteix en un espai incapaç de gestionar tota la demanda d'activitat aèria, cosa que fa que es trobi sobresaturat i mal aprofitat; i un cost elevat.

El principal causant d'aquesta ineficiència és la complexitat de gestionar un espai aeri fragmentat on coexisteixen un gran nombre de països, cadascun d'ells amb la seva pròpia legislació; fet que produeix l'aparició d'un gran nombre de Proveïdors de Servei de Navegació Aèria (ANSPs). Cada vegada que un avió entra a l'espai aeri d'un Estat membre, el proveïdor de serveis de navegació aèria (ANSP) li proveeix servei d'acord amb les regles i requisits operatius diferents. Aquesta fragmentació impacta en la seguretat, limita la capacitat i, sobretot, suposa un increment en el cost de les operacions.

Per donar solució a aquest problema l'any 2000 es va introduir una iniciativa de la Comissió Europea, el Cel Únic Europeu (SES), l'objectiu del qual era satisfer les necessitats futures de l'espai aeri europeu en temes de capacitat, seguretat, eficiència i impacte mediambiental; tot donant cabuda al creixent trànsit aeri a Europa, que ja no suporta el model dels sectors aeris actual. A més a més, l'any 2004 la Unió Europea va decidir reformar el sistema de gestió del tràfic aeri europeu mitjançant quatre plans diferenciats que s'englobaven dins del programa SESAR (Single European Sky ATM Research): institucional, operatiu, tecnològic i de control i supervisió.

La distribució de l'espai aeri un cop la reforma hagi estat executada per complert, deixarà de comptar amb fronteres nacionals per passar a utilitzar "blocs funcionals d'espai aeri", els límits dels quals hauran estat dissenyats amb l'objectiu d'assolir la màxima eficiència.

L'espai aeri europeu s'allunya del disseny de l'espai aeri clàssic amb aerovies cap a una xarxa lliure de vies que ofereix llibertat d'elecció per als operadors. Existeixen iniciatives similars adreçades a millorar l'eficiència de vol en diferents parts del món. No obstant això, Europa va ser la primera regió a implementar un concepte complet de l'espai aeri lliure (FRA) sota el marc del cel únic europeu (SES). La previsió indica que els nivells de trànsit aeri s'espera que doblin el 2020. El SES planeja donar cabuda a aquest creixement amb normes comunes i implementacions processals com la FRA.

¹ EUROCONTROL (2016). *2015 Comparison of Air Traffic Management-Related Operational Performance: U.S.A. and Europe.*

L'objectiu principal d'aquest projecte és demostrar com el Free Route Airspace (FRA) beneficia a una companyia aèria. Estudiant com una companyia low cost com és Vueling s'aprofita d'aquest procediment, veient i analitzant les rutes que fan per un mateix vol que està regulat amb o sense FRA.

Aquest projecte s'organitzarà en quatre seccions principals on primer farem un comparació entre la gestió del tràfic aeri a Estats Units i a Europa. Analitzarem l'organització i el disseny de l'espai així com les tàctiques que utilitzen per no superar la capacitat.

En una segona secció ens centrarem en el projecte que ha desenvolupat Europa per modernitzar la Gestió del Tràfic Aeri (ATM) desenvolupant i lliurant tecnologies i procediments nous i/o millorats. Analitzarem com mitjançant les operacions basades en trajectòries pretén ser un suport a nivell d'execució, fent que les aeronaus puguin volar les seves trajectòries preferides sense haver-se de limitar a la configuració de l'espai aeri en aquell moment.

En la tercera i quarta secció parlarem de la nova distribució de l'espai aeri europeu en blocs funcionals per reduir la fragmentació, veient com s'han organitzat els diferents països per fer front a l'augment de la demanda i els límits de la capacitat. Dins d'aquest sector aprofundirem en *Free Route Airspace* (FRA), un espai aeri específic dins del qual les aeronaus poden planificar lliurement un recorregut donats un punt d'entrada i un punt de sortida definit, amb la possibilitat de recórrer a través de punts intermedis, sense fer referència als serveis de trànsit aeri, subjecte, per descomptat, a la disponibilitat. Tot i això, aquests vols seguiran estant subjectes al control del trànsit aeri.

En l'últim punt enfocarem l'estudi en veure com una companyia aèria com Vueling es veu afectada per aquests canvis i si li suposa algun benefici en les seves operacions. Per fer-ho treballarem amb dades que ens ha facilitat la mateixa companyia i sobre les quals obtindrem resultats. Valorarem les variables del combustible estalviat i el temps de vol. Parlarem també de la utilització del *free route* depenent les hores del dia i de la zona geogràfica on ens trobem.

CAPÍTOL 1. COMPARACIÓ DE L'ATM ENTRE ESTATS UNITS I EUROPA

Aquesta secció proporciona informació general sobre els Proveïdors de Servei de Navegació Aèria dels Estats Units i Europa que es poden utilitzar per explicar similituds i diferències en els dos sistemes. Aquesta secció comença amb una comparació en termes d'espai geogràfic físic i organització d'ATM.

1.1. Àmbit d'estudi

Per fer aquest estudi, i agafant com a referència d'estudis ja publicats d'entitats oficials com les FAA (Federal Aviation Administration) i EUROCONTROL, establirem les zones d'estudi següents:

Als Estats Units, ens referirem als Estats Units continentals, és a dir, els 48 estats de EE.UU que es troben al sud de Canadà i el districte de Columbia. Aquesta expressió exclou els estats d'Alaska i Hawaii i regions oceàniques.

A Europa, estarem parlant de les regions on els estats membres de la Unió Europea proporcionen Serveis de Navegació Aèria (ANS), a més d' aquells estats de fora la Unió Europea que estiguin dins d'EUROCONTROL, deixant fora a Geòrgia i les Illes Canàries.

Com mostra la Figura 1.1, en cada regió es tindran en compte 34 aeroports per fer els resultats més precisos.

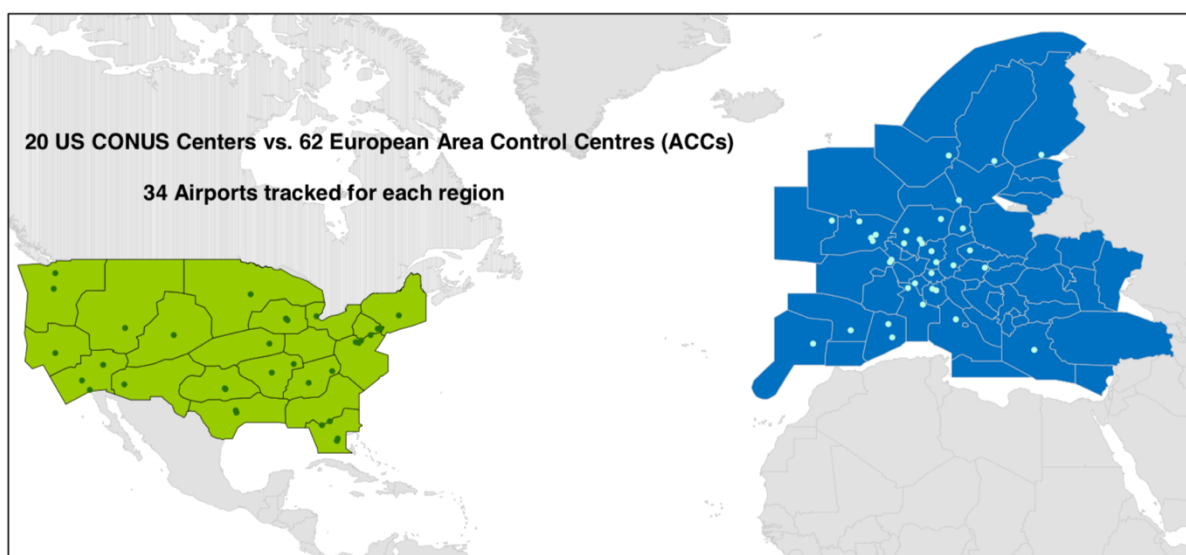


Figura 1.1. Distribució geogràfica²

² EUROCONTROL, 2016

Segons dades recollides per la FAA i EUROCONTROL al 2015, tot i que la regió americana és un 10% més petita que l'espai europeu, els Estats Units controlen aproximadament un 57% més de vols operats en mètode de vol instrumental (IFR) amb un 24% menys de temps de Control del Tràfic Aeri que Europa. La densitat de l'espai aeri d'Estats Units és més elevada i els aeroports acostumen a ser més grans que a Europa.

Actualment, Europa està centrada en trobar solucions per millorar el rendiment de manera que es pugui gestionar l'augment del tràfic aeri, mantenint els requisits de seguretat i qualitat, minimitzant el cost de la provisió de serveis i assegurant una implementació sostenible de la política dels Sistemes de Navegació Aèria.

1.2. Organització de l'ATM

L'espai aeri d'Estats Units i el d'Europa s'operen de manera i amb tecnologia similar, tot i que com ja s'ha esmentat prèviament, hi ha una diferència clau. El sistema americà està operat per un sol proveïdor de servei. A Europa, el Control de Flux de Tràfic Aeri (ATFM) i la Gestió de l'espai estan coordinats pel "*Network Manager*"; a nivell de Control del Tràfic, el sistema europeu el trobem fragmentat i la provisió de serveis de navegació aèria es veu afectada per la legislació vigent en cada país.

En total, a Europa hi ha 38 centres ANSPs en ruta distribuïts en tota la regió. Històricament, s'operaven amb sistemes diferents, que seguien regles i procediments diversos. Des de 2004, una iniciativa de l' Unió Europea, SESAR va tenir com a fita reduir aquesta fragmentació, aportant el marge necessari per poder incrementar la capacitat tot millorant l'eficiència i l'operativitat del sistema d' ATM a Europa.

1.3. Gestió de l'espai aeri (ASM) i disseny

Als Estats Units, el responsable de la gestió de l'espai aeri i del disseny de les rutes és la Federal Aviation Administration (FAA), organisme encarregat de regular tots els aspectes de l'aviació d'Estats Units. A Europa en canvi se n'encarrega cada país, sota la supervisió d'EUROCONTROL.

Actualment, el disseny i la distribució de l'espai aeri i del conjunt de procediments que s'utilitzen ja no es controlen de forma independent a Europa. Les ineficiències en el disseny i l'ús del conjunt de rutes aèries es consideren un factor determinant de les ineficiències de vol a Europa, és per aquest motiu que la Comissió Europea encarregada del SES va crear al 2011 la figura del "*Network Manager*", que té quatre funcions principals: crear i desenvolupar el Disseny de la Xarxa de Rutes, assignar les freqüències, coordinar millores en l'assignació de codis SSR (codis per als transponders) i dur a terme la funció de Gestió del Tràfic Aeri. Seguint en aquesta línia, per millorar el disseny i la distribució de l'espai, dins de la primera funció es centrarà en el Collaborative Decision Making (CDM), un procés centrat en com decidir el pla d'actuació entre dos o més

membres d'una comunitat. A través d'aquest procés, els membres de la comunitat d' ATM comparteixen informació relacionada amb aquesta decisió i acorden l'enfocament i la presa de decisions. L'objectiu general és millorar el rendiment del sistema de gestió de tràfic aeri com a conjunt, tenint en compte les necessitats de tots els membres involucrats.

Un altre de les finalitats de la Gestió del Tràfic Aeri és integrar objectius i requeriments militars que han de ser coordinats en el mateix sistema ATM. A vegades, per tal de garantir la seguretat nacional i complir amb els requeriments és necessari restringir o segregar l'espai de forma exclusiva, fet que pot entrar en conflicte amb l'intent de millorar el rendiment dels vols, ja que aquests hauran de canviar les seves rutes al voltant d'aquestes àrees. Per poder abarcar les necessitats de tots els usuaris, en termes de temps i volum, es necessita cooperació i coordinació entre aviació civil i militar.

Pel que fa a l'organització civil/militar, tant Estats Units com Europa actuen de maneres similars:

- Als Estats Units, la DoD (Department of Defense) Police Board de les Federal Aviation és qui s'encarrega de la comunicació entre els serveis militars i la posició de DOD en quant a la política de l'espai aeri i la gestió del tràfic aeri. A nivell operacional la seu de les FAA són les autoritats finals per tot l'espai aeri tant permanent com temporal (Special Use Airspace, [SUA]), d'aquesta manera les operacions s'organitzen seguint una cadena de regles.
- A Europa, la European Defence Agency (EDA) representa els interessos de l'aviació militar en el desenvolupament del Cel Únic Europeu; a nivell operacional i mitjançant la implementació de la Flexible Use of Airspace (FUA), el Network Manager es coordina amb aviació civil i militar amb un CDM dinàmic que culmina amb la publicació del pla diari European Airspace Use Plan (AUP).

En el mapa que es mostra en la Figura 1.2 es poden veure les zones d'ús civil i les zones que s'utilitzen per a fins militars. Podem veure que hi ha una gran diferència entre les localitzacions.

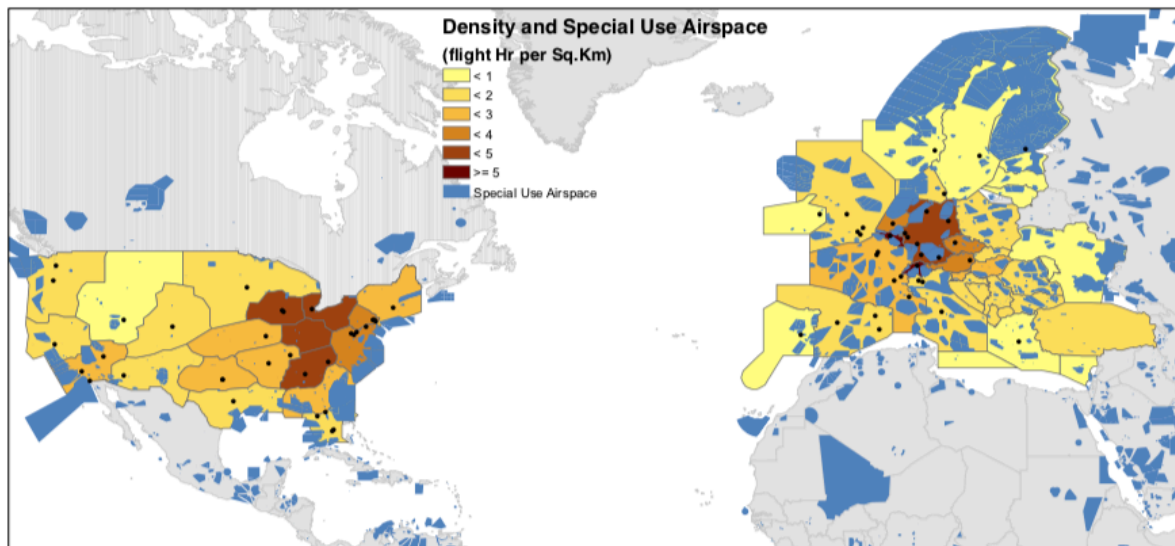


Figura 1.2: Comparació de l'ús de l'espai aeri militar³

Podem veure que a Europa hi ha molt més SUA que als Estats Units i que la majoria estan situats al centre d'Europa, factor que afecta al tràfic d'aviació civil, ja que conviu amb el tràfic militar. En canvi, a Estats Units, el tràfic militar, tendeix a estar situat al llarg de les costes, fet que permet connexions transcontinentals menys restringides i no interactua tant amb el trànsit civil.

1.4. Gestió del Flux de Trànsit Aeri (ATFM) i Control del Trànsit Aeri (ATC)

L'ATFM és una branca de la gestió del tràfic aeri (ATM) que vol contribuir en l'ordre i la seguretat del tràfic reduint-ne el retard. L'objectiu de l'ATFM és minimitzar el risc que existeix associat a la sobrecàrrega de tràfic que hi ha en cada sector aeri per regular-ne la demanda d'acord amb la capacitat disponible en cadascun. Quan l'ATFM inclou la gestió de la capacitat, s'anomena ATFCM. A nivell tàctic, ATC també fa funcions de gestió de tràfic.

Tant els Estats Units com Europa han establert instal·lacions centrals de gestió del trànsit a tot el sistema per assegurar que els fluxos de trànsit no superin el que puguin ser manejats de manera segura per les unitats ATC, tot intentant optimitzar l'ús de la capacitat disponible.

La diferència principal entre un sistema i l'altre és que a Europa, el sistema de control és la barreja de molts centres ANSPs individuals, mentre que a Estats Units tot ho gestiona un mateix ANSP, fet que facilita una participació més activa en la gestió tàctica en un dia d'operativa.

³ EUROCONTROL, 2016

Una altra diferència clau entre els dos sistemes és el paper de la funció de xarxa ATFM. El fet que el sistema de control aeri dels EUA sigui operat per un únic proveïdor de servei posa al Centre de Comandament del Sistema de Control de Trànsit Aeri (ATCSCC) en una posició molt més forta, amb una participació més activa de gestionar tàcticament el trànsit el dia de les operacions que a Europa, ja que és l'únic involucrat en la presa de decisions, no s'ha de negociar amb cap altre estat.

Pel que fa als problemes relacionats amb la gestió del trànsit, hi ha una clara jerarquia als Estats Units. Les unitats de control d'enfocament de radar de terminals (TRACON) treballen a través de l'ARTCC superposat que es coordina directament amb l'ATCSCC de Virginia. L'ATCSCC té l'autoritat d'aprovar de forma definitiva totes les iniciatives nacionals de gestió del trànsit als EUA i també és responsable de resoldre problemes entre instal·lacions.

A Europa, el Centre d'Operacions de la Xarxa Manager (NMOC) de Brussel·les supervisa la situació del trànsit i proposa mesures de flux que es coordinen a través d'un procés de CDM amb l'autoritat local. Normalment, les posicions de gestió del flux (FMP), incrustat en ACCs per coordinar la gestió del flux de trànsit aeri en l'àmbit de la seva responsabilitat, demana al NMOC que implementi mesures de flux.

A Europa, la majoria de les mesures ATFM s'apliquen a nivell estratègic (declaració de capacitat aeroportuària) o en fases pretàctiques (assignació de slots de sortida per part de ATFM). Als Estats Units, les mesures ATFM s'apliquen en la fase pre-tàctica (slots de sortida o retards) i en fases tàctiques, depenent de la situació del trànsit real.

El 2009, el paper de la funció de xarxa a Europa es va veure reforçat pel segon paquet de la legislació sobre el Cel Únic Europeu. Aquesta evolució preveu un paper més proactiu en la gestió del flux de trànsit aeri, la millora de la capacitat ATC, el desenvolupament d'estructures de l'espai aeri i el suport al desplegament de millores tecnològiques a la xarxa ATM per al gestor europeu de xarxes.

En resum, hi ha moltes raons per comparar Europa i Estats Units, inclòs el fet que ambdós tenen una grandària similar. Els sistemes de transport aeri dels dos continents també comparteixen aspectes comuns en quant a la densitat del trànsit i els seus elevats estàndards de seguretat. L'àrea sota control del trànsit aeri i el nombre de passatgers també són aproximadament iguals. El trànsit aeri a Europa es concentra a Europa central (més endavant veurem que és el FABEC). Als EUA, per contra, la densitat del trànsit es concentra a la costa oest i, encara més, a la costa est.

L'espai aeri europeu i l'americà tenen gairebé el mateix tamany, però a Europa hi ha 38 ANSP d'en ruta, mentre que als Estats Units només n'hi ha un, les FAA. A part, FAA gestiona un 40% més de trànsit que Europa amb els mateixos costos, (46.000 vols al dia, davant dels 26.000 a Europa).

A principis d'aquest mil·lenni, els proveïdors europeus de serveis de navegació aèria tenien costos significativament més alts. Això ha canviat substancialment

en els últims anys. Avui en dia, els costos totals als EUA són un 17 per cent més alts que a Europa. Vist en relació amb les milles per passatger (un indicador estàndard de l'aviació comercial), els costos europeus són un 34 per cent menys que als Estats Units.

A la Taula 1.1. podem trobem un quadre resum de les principals diferències que hi ha entre els dos continents.

Taula 1.1. Comparació Europa i Estats Units

Europa	USA
Tamany similar	
26.000 vols diaris	46.000 vols diaris
Tràfic aeri concentrat al centre d'Europa	Tràfic aeri concentrat a la costa est i costa oest
38 ANSP en ruta	1 ANSP en ruta
Pax per mile, costos 34% menys que EUA	Gestió del trànsit aeri, 17% més costos que Europa

CAPÍTOL 2. SESAR

La Xarxa de Gestió del Tràfic Aeri europeu actualment ha de manejar al voltant de 26.000 vols diaris. Les previsions indiquen que els nivells de trànsit aeri probablement es duplicaran el 2020. A més, l'ATM europeu suposa un augment addicional de 2-3 billions d'euros cada any, en comparació amb altres sistemes similars del món.

2.1. Justificació

La Gestió del tràfic aeri (ATM) és una part essencial de l'aviació i el transport aeri europeus, connectant ciutats i ciutadans, així com també impulsant l'aparició de llocs de treball. Tot i que l'ATM té una tasca que no és apreciable pels passatgers, el que fa és important per al correcte funcionament del tràfic.

No obstant això, l'ATM es basa en l'envelliment de la tecnologia i els procediments i les necessitats d'actualització, especialment a la previsió del creixement del trànsit esperat fins el 2035. És aquí on entra el Cel Únic Europeu, com un dels projectes d'infraestructures més innovadors de la Unió Europea.

L'any 1999 la Comissió Europea es va plantejar reformar l'arquitectura de la gestió del tràfic aeri a Europa. Així va sorgir la iniciativa del Cel Únic Europeu, que proposa una legislació que permet afrontar el creixement sostingut del trànsit aeri i les seves operacions sota unes condicions més segures, més rendibles i eficients per al vol i que respectin el medi ambient.

Els objectius de SES són l'harmonització i millora d'eficiència en la prestació dels serveis de navegació aèria a la Unió Europea, fet que aportarà avantatges com són:

- Augmentar en un factor 3 la capacitat del control aeri.
- Reduir els retards.
- Reforçar la seguretat en un factor 10.
- Reduir la fragmentació de l'espai aeri europeu.
- Millorar la integració de l'àmbit militar en els nostres cels.
- Facilitar la introducció de noves tecnologies.
- Reduir la petjada ambiental de l'aviació un 10%.

S'estan duent a terme esforços per maximitzar els beneficis de les activitats iniciades en el marc SES.

A nivell legislatiu, SES està format per quatre reglaments bàsics que cobreixen la prestació de serveis de navegació aèria (ANS), l'organització i l'ús de l'espai aeri i la interoperabilitat de la Xarxa Europea de Gestió del Trànsit Aeri (EATMN). Aquests quatre reglaments es van revisar i ampliar posteriorment fins adoptar i implementar una legislació més àmplia amb més de 20 regles d'implementació per garantir la interoperabilitat de les tecnologies i els sistemes.

2.2. Implementació

A nivell tecnològic, SES està recolzat pel projecte SESAR, un dels projectes de modernització més ambiciosos llançats per la Unió Europea que contribueixen a la implementació del Cel Únic Europeu. SESAR és el mecanisme que coordina i concentra totes les activitats de recerca i desenvolupament de la UE en la Gestió del Tràfic Aeri, agrupant experts en riquesa per desenvolupar la nova generació d'ATM.

L'objectiu de SESAR és definir, desenvolupar i implementar les solucions tecnològiques necessàries per augmentar el rendiment del sistema d'ATM a Europa.

L'any 2007, es va crear l'Empresa Comú SESAR per gestionar aquesta associació publico-privada a gran escala i veritablement internacional.

2.2.1. On es vol arribar?

SESAR té com a objectiu satisfer les necessitats empresarials d'una varietat de grups d'interès de l'ATM, des d'aeroports grans i petits i proveïdors de serveis de navegació aèria, fins a l'espai aeri de totes les categories, l'exèrcit i el gestor de la xarxa. Les solucions desenvolupades i subministrades per SESAR es divideixen en quatre característiques principals de l'ATM, que passem a explicar a continuació i que reflecteixen els interessats i els seus interessos comercials.

2.2.1.1. Operacions d'aeroports d'alt rendiment

El futur sistema europeu d'ATM es basa en la plena integració dels aeroports com nodes a la xarxa. Això implica una millora de les operacions aeroportuàries, garantint un procés sense problemes a través de la presa de decisions col·laboratives (CDM), en condicions normals i mitjançant el desenvolupament de procediments de recuperació col·laborativa en condicions adverses. En aquest context, aquesta característica aborda la millora del rendiment de la pista, la gestió integrada de superfícies, les xarxes de seguretat de l'aeroport i la gestió total de l'aeroport.

2.2.1.2. Serveis avançats de trànsit aeri

El futur sistema europeu de gestió del trànsit aeri es caracteritzarà per la prestació de serveis avançats, recolzada pel desenvolupament d'eines d'automatització per donar suport als controladors en tasques rutinàries. La característica reflecteix aquest avanç cap a una automatització addicional amb activitats que s'ocupen de les arribades i sortides millorades, la gestió de separació, les xarxes de seguretat aèria i terrestres millorades i la trajectòria i l'enrutament gratuït basat en el rendiment.

2.2.1.3. Serveis optimitzats d'ATM

Una xarxa ATM optimitzada ha de ser robusta i resistent a les interrupcions que pugui patir, incloent-hi esdeveniments meteorològics i no planificats, que es basen en un mecanisme dinàmic i col·laboratiu. Això permetrà un pla comú, actualitzat, coherent i precís que proporcioni informació de referència a tots els actors de planificació i execució de l'ATM. Aquesta característica inclou activitats en les àrees de gestió d'espai aeri avançat, equilibri de Capacitats Dinàmiques Avançades (DCB) i operacions optimitzades de l'usuari de l'espai aeri, així com una gestió optimitzada de la xarxa de caixers a través d'un pla d'operacions de xarxa totalment integrat (NOP) i plans d'operacions aeroportuàries (AOP) via gestió d'informació a tot el sistema (SWIM).

2.2.1.4. Facilitar la infraestructura de l'aviació

Les millores descrites en les tres primeres funcions principals estaran recolzades per una infraestructura d'aviació avançada, integrada i racionalitzada, proporcionant les capacitats tècniques necessàries de manera eficient en els recursos. Aquesta característica dependrà d'una integració i interfície millorada entre sistemes d'aeronaus i terrestres, incloent ATC i altres sistemes d'interès, com ara operacions de vol i sistemes de gestió de missions militars. Els sistemes de comunicacions, navegació i vigilància (CNS), SWIM, gestió de trajectòries, serveis d'assistència comuns i el paper evolutiu de l'ésser humà es consideraran d'una manera coordinada d'aplicació en tot el sistema ATM de manera global i interoperable.

CAPÍTOL 3. BLOCS FUNCIONALS D'ESPAI AERI

Com ja hem dit, la Comissió Europea del Cel Únic Europeu intenta millorar les competències internacionals del control de tràfic aeri europeu i traçar una línia per al seu desenvolupament sostenible.

L'any 2011 EUROCONTROL va predir que el tràfic aeri es doblaria fins al 2030. Aquest augment s'espera al centre d'Europa, ja que és allà on es troba el corredor intercontinental de tràfic aeri (nord-oest-sud-est). Aquest creixement presenta problemes de capacitat per a les infraestructures relacionades amb el trànsit aeri. Aquests problemes ja s'estan plantejant en el trànsit aeri i en la gestió dels aeroports, que gestionen 26.000 vols diàriament als cels d'Europa i estan a la vora de les seves capacitats màximes, com es mostra en la Figura 3.1. Els problemes de congestió no són nous, el constant creixement en aviació i l'augment de la demanda apareixen des de 1980.

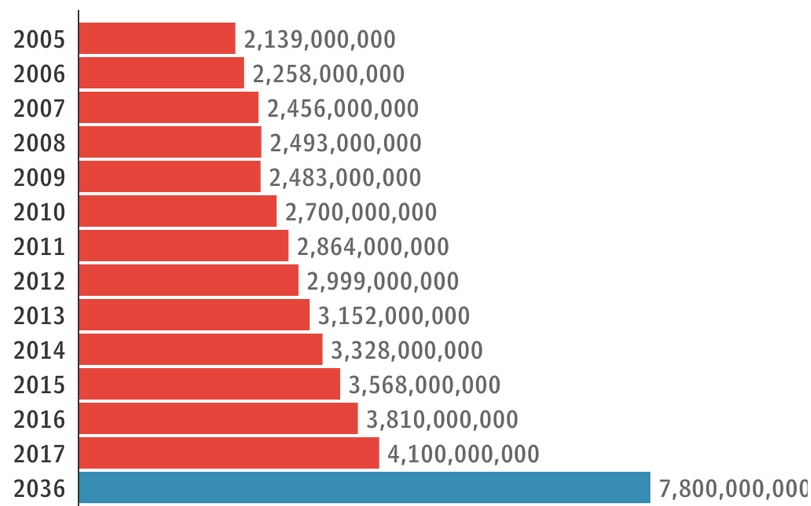


Figura 3.1. Nombre de passatgers transportats per any⁴

La gestió del trànsit aeri a la Unió Europea encara està àmpliament organitzada de forma fragmentada, principalment segons les fronteres nacionals. Aquesta fragmentació limita la capacitat, s'afegeix al cost i, sobretot, pot afectar la seguretat.

La clau per a la millora de la capacitat i l'eficiència, la millora de la seguretat i un menor cost per als serveis de navegació aèria, és mitjançant una major cooperació i integració a través de les fronteres. L'establiment de blocs d'espai aeri funcionals (FABs) va tenir com a objectiu fomentar una major cooperació i la integració dels proveïdors de serveis de navegació aèria, independentment de

⁴ Morris, 2018

les fronteres nacionals. Segons un informe⁵, a l'hora d'implementar els FABs els països que formen part d'aquest projecte *“haurien de millorar la cooperació i buscar la integració de la disposició de l'ANS dins d'una FAB, si escau, per tal de garantir que els límits nacionals de l'espai aeri no redueixin l'eficiència dels fluxos de trànsit aeri i la prestació de serveis de trànsit aeri a Europa”*. Cada regió havia de desenvolupar aquest blocs al llarg de desembre de 2012.

Un FAB es defineix en el paquet legislatiu del cel únic europeu, és a dir, el Reglament (CE) núm. 1070/2009 que modifica el Reglament (CE) núm. 549/2004, com a bloc d'espai aeri basat en requisits operatius i establert sense importar les fronteres estatals, on la prestació de serveis de navegació aèria i funcions relacionades s'optimitza a través d'una cooperació reforçada entre els proveïdors de serveis de navegació aèria.

Avançar cap a aquesta organització creant blocs funcionals d'espai aeri sense barreres nacionals ajudarà a reduir la fragmentació de l'espai aeri europeu, eliminarà les infraestructures duplicades, reduirà costos i millorarà els nivells de seguretat.

3.1. Formació dels blocs funcionals

Segons l'article 9a, apartat 1, del Reglament (CE) n ° 550/2004, els Estats membres havien d'aplicar els FAB abans de 4 de desembre de 2012 i l'espai aeri europeu havia de quedar distribuït en 9 blocs funcionals com es mostra en la Figura 3.2.

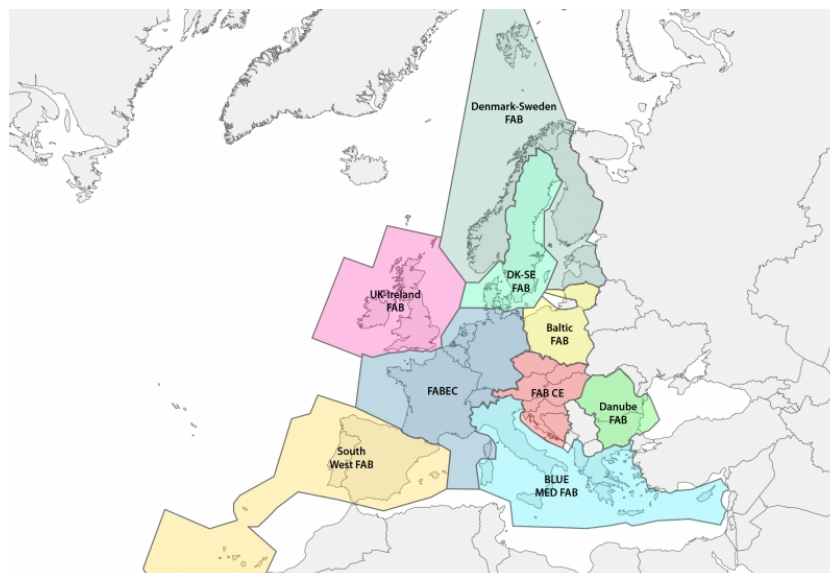


Figura 3.2. Distribució geogràfica dels blocs funcionals d'espai aeri⁶

⁵ Commission Regulation /EU/No 176/2011, Report from the Commission 731, 2011

⁶ European Commission, Mobility and Transport, 2018

Dins els blocs funcionals, hi ha països membres de la Unió Europea i d'EUROCONTROL, tot i que hi ha països que estan dins d'aquests dos grups però en canvi no estan en cap dels 9 blocs existents.

Els blocs que es formaran al llarg del continent són els que s'esmenten a la Taula 3.1 següents:

Taula 3.1. Estats membres de cada FAB

FAB	Estats Membres del FAB
Baltic FAB	Lituània i Polònia
BLUE MED FAB	Xipre, Grècia, Itàlia i Malta
DANUBE FAB	Bulgària i Romania
DK-SE FAB	Dinamarca i Suècia
FAB CE	Àustria, Bòsnia i Hezegovina, Croàcia, República Txeca, Hongria, Eslovàquia i Eslovènia
FABEC	Bèlgica, França, Alemanya, Luxemburg, Països Baixos i Suïssa
NEFAB	Estònia, Finlàndia, Letònia i Noruega
South West (SW) FAB	Portugal i Espanya
UK-Ireland FAB	Irlanda i Regne Unit

El tamany dels diferents blocs funcionals és diferent. Els més grans es troben pràcticament sobre el mar, com el del Nord, NEFAB, que engloba l' àrea entre Groenlàndia i el nord d'Europa, o el bloc d'Espanya i Portugal, que inclou les illes d'aquests i els seus respectius entorns.

A continuació farem una explicació de cada bloc funcional dirigida a veure la distribució geogràfica que s'ha fet i els aspectes operacionals més rellevants.

3.1.1. BALTIC FAB

El bloc funcional BALTIC FAB està format per Polònia i Lituània i es va formar al Juliol de 2012. Els proveïdors de serveis d'espai aeri i les autoritats nacionals de supervisió en cada cas es mostren en la Taula 3.2:

Taula 3.2. Autoritats Competents en cada Estat membre del BALTIC FAB

Estats Membres	ANSPs	Autoritats Nacionals de Supervisió
Polònia	Agència Polonesa de Serveis de Navegació Aèria (PANSa)	Autoritats de l'Aviació Civil Polaca
Lituània	Oro Navigacija	Administració d'Aviació Civil Lituana

A continuació, en la Figura 3.3, es mostra el mapa de l'abast geogràfic del BALTIC FAB, que compren el FIR de Vilnius i el FIR de Varsòvia, excluint els sectors delegats a Suècia i Estònia. L'àrea geogràfica d'aquest bloc està dividida per l'espai aeri de Kaliningrad. Aquest factor sacrifica l'optimització de l'espai aeri o de les rutes.

Pel que fa al trànsit d'aeronaus en aquesta zona, els majors fluxos provenen del Nord-Sud de la República Txeca cap a Polònia, i d'Est-Oest d'Alemanya cap a Polònia.

Aquests dos FIRs estan envoltats d'altres FIRs, de manera que hi ha un gran nombre d'aspectes a tractar operacionalment. A més, hi ha diverses delegacions d'espai aeri (àrees transfrontereres) en contacte amb l'ANSP veí.

De conformitat amb l'acord del bloc funcional, el mandat de les activitats del FAB en termes de serveis encapsula tots els serveis de navegació aèria (ATS, CNS, MET, AIS), amb els serveis que es lliuren a cada FIR per l'ANSP nacional de cada espai.

Les activitats FAB no inclouen els Serveis de Navegació Aèria. El Baltic FAB està avaluant els beneficis de totes les activitats de formació comuns i, sempre que sigui possible, es duran a terme entrenaments comuns. A més, els ANSP de Polònia són els encarregats de donar tota la informació relacionada amb la meteorologia (MET). Les activitats de SAR⁷ continuen proporcionant-se de manera nacional només amb la cooperació, a causa de les barreres lingüístiques i les diferents especificitats locals.

⁷ SAR: Search and Rescue – Recerca i Rescat



Figura 3.3. Distribució geogràfica del BÀLTIC FAB⁸

Si tenim en compte la part operativa i com també es veu a la Figura 3.3, el FIR de Varsòvia es troba en contacte fronteres nacionals a l'est, el sud i l'oest. Aquestes fronteres corresponen a Vilnius, Minsk, L'viv, Bratislava, el FIR de Praga i els FIRs/UIRs d'Alemanya. Si ens desplaçem cap al nord està limitat pel mar Bàltic i comparteix fronteres amb els FIRs de Kaliningrad i Suècia. Els serveis de trànsit aeri de les dues seccions al nord del FIR sobre el mar Bàltic estan controlades per la delegació de Suècia. El FIR de Vilnius és adjacent al FIR del nord de Riga, al FIR de Minsk pel sud-est, al FIR de Kaliningrad per l'oest, pel sudoest al FIR de Varsòvia i per l'oest al de Suècia.

Aquestes fronteres no tenen res a veure pel trànsit però el que si suposa un conflicte és que l'espai aeri de Kaliningrad estigui al mig, ja que esta controlat per les autoritats russes.

La majoria del trànsit sobrevola aquesta regió, un 81% dels vols sobrevoen Vilnius⁹ i un 60% Varsòvia¹⁰. Aquest últim té bastantes arribades i sortides de nivell internacional.

⁸ Study on Functional Airspace Blocks, 2017

⁹ Local Single Sky Implementation Report (LSSIP) LITHUANIA – 2015

¹⁰ Local Single Sky Implementation Report (LSSIP) POLAND - 2015

3.1.2. BLUE MED FAB

El BLUE MED FAB esta compost per quatre estats membre de la Unió Europea: Xipre, Grècia, Itàlia i Malta. A més, hi ha tres països de fora de la Unió Europea que participen com a Membres Associats, aquests són Albània, Egipte i Tunísia, i dos països que ho fan com a observadors, Líban i Jordània, tal i com es mostra a la Figura 3.4. Aquest bloc és un dels més grans i control gran part de l'espai aeri sobre el mar.



Figura 3.4. Distribució geogràfica del BLUE MED FAB

El bloc funcional d'espai aeri BLUE MED, es va establir a l'octubre de 2012. Això es va fer a través d'un acord entre estats, que després va ser ratificat pels quatre estats membres de l' Unió Europea que formen el FAB i va entrar en vigor el 22 d'Agost de 2014¹¹.

En la Taula 3.3 es mostren les diferents autoritats de cada estat membre i els proveïdors de servei d'aquests:

Taula 3.3. Autoritats Competents en cada Estat membre del BLUE MED FAB

Estats Membres	ANSPs	Autoritats Nacionals de Supervisió
Xipre	DCAC Xipre	Autoritat Nacional de Supervisió de Serveis de Navegació Aèria de la República de Xipre
Grècia	HANSP	Autoritat Nacional de Supervisió de Navegació Aèria Helenica
Itàlia	ENAV	Agència Nacional d'Aviació Civil (ENAC)
Malta	MATS	Direcció d'Aviació Civil de Malta

¹¹ Butlletí informatiu BLUE MED – nº6 – Juliol 2015

Segons la informació recollida¹², els acords dins l'àmbit d'operacions del BLUE MED FAB inclouen cobertura ATS, CNS, MET i AIS. Per acords amb ENAV (els proveïdors de servei italians), els proveïdors de servei de Malta (MATS) també proveeixen serveis en-ruta a totes les aeronaus en el FIR de Roma. El SAR està fora de l'abast. El FAB no inclou TMA - més enllà d'on el procediment o la tecnologia tenen un impacte per a diversos serveis com WAM¹³ o PBN¹⁴.

3.1.3. DANUBE FAB

El DANUBE FAB esta constituït per Romania i Bulgària. Va estar completament establerta través de la signatura d'un acord a nivell d'estats, que va ser signat per ambdós.

Com s'ha fet amb els blocs anteriors, a la Taula 3.4 veurem un resum de les autoritats de cada estat:

Taula 3.4. Autoritats Competents en cada Estat membre del DANUBE FAB

Estats Membres	ANSPs	Autoritats Nacionals de Supervisió
Romania	Administració de Serveis de Trànsit Aeri de Romania (ROMATSA)	Autoritat Aeronàutica Civil de Romania (RCAA)
Bulgaria	Autoritat Búlgara de Serveis de Trànsit Aeri (BULATSA)	Direcció General d'Administració d'Aviació Civil (DG CAA) de la República de Bulgària

Com podem veure a la Figura 3.4, el DANUBE FAB està format pel FIR de Romania i pel de Bulgària, incloent les parts marítimes que els dos estats han acceptat donar serveis de trànsit aeri, d'acord amb un acord regional¹⁵. Aquest bloc funcional, a diferència dels altres vistos fins ara, inclou 6 TMA's (Burgas, Sofia, Varna, Bucarest, Constanta i Arad) i 22 CTR a tots els aeroports (excepte l'heliport de Brasov-Cobrex).

¹² <http://www.bluedmed.aero/index.php>

¹³ WAM: Wide Area Multilateration – Àrea Ample de Multilateració

¹⁴ PBN: Performance – based navigation – Navegació basada en la performance

¹⁵ DANUBE FAB State Level Agreement, art.(1)

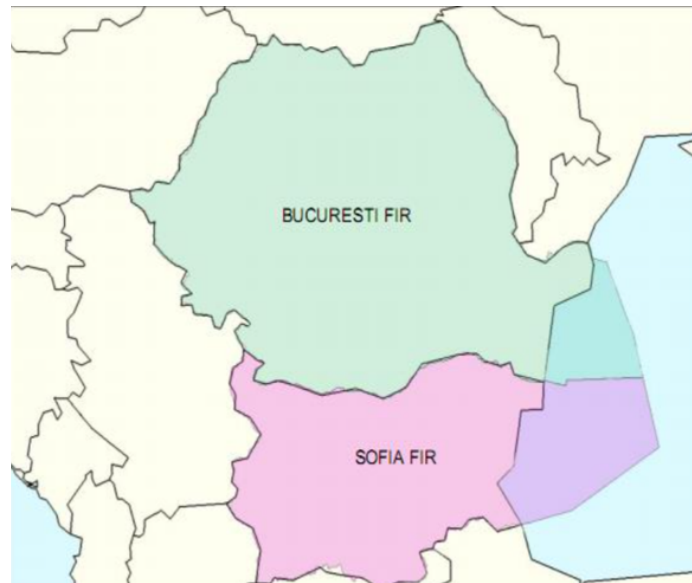


Figura 3.5. Distribució geogràfica del DANUBE FAB

En aquesta regió les aeronaus que sobrevolen l'espai són un 95% pel as de Bulgària i un 80% per Romania. Hi ha una barreja de tràfic ja que molts vols provinents del Nord-Oest i del Sud- Est arriben a altura de creuer en aquesta àrea.

Els serveis que dona el DANUBE FAB són ATS, AIS, MET i ATSEP. Els serveis de SAR es fan de manera coordinada pels centres de coordinació de SAR dels dos estats.

El DANUBE FAB coopera activament amb altre blocs funcionals veïns, com són el BLUE MED FAB i el FAB CE (es veurà a l'apartat 3.1.5), amb els quals s'han signat acords de cooperació. El bloc en qüestió té com a prioritat construir acords amb altres FABs per iniciar nous projectes i estendre els ja existents per poder millorar.

El projecte transfronterer per FRA Nocturn inclou l'espai aeri hongarès. Això permetrà als usuaris de l'espai aeri la llibertat de planificar rutes a tot l'espai aeri combinat dels tres països a la nit, aplanant el camí per a una futura expansió, subjecte al calendari i l'abast de la implementació de FRA de la FAB CE.

3.1.4. DK-SE FAB

El bloc funcional Dinamarca-Suècia (DK-SE FAB) compren Dinamarca i Suècia i va ser establert al desembre de 2009.

La seva estructuració es fa com es mostra a la Taula 3.5:

Tabla 3.5. Autoritats Competents en cada Estat membre del DK-SE FAB

Estats Membres	ANSPs*	Autoritats Nacionals de Supervisió
Dinamarca	Naviair	Autoritat Danesa de Transport - Trafikstyrelsen
Suècia	LFV	Agència Sueca del Transport - Transportstyrelsen

*També com a ANSP dels dos estats participa NUAC, (Nordic Unified Air traffic Control), una filial de Navair i LFV.

L'espai aeri DK-SE FAB cobreix la FIR de Copenhaguen i Suècia FIR. Els proveïdors de serveis de trànsit aeri designats són Naviair i LFV, que han arribat a un acord amb un subcontractista certificat, NUAC HB, subcontractant el funcionament dels seus centres de control de trànsit aeri ubicats a Copenhaguen, Malmö i Estocolm.

En conseqüència, NUAC HB ha estat confiat la responsabilitat de la prestació del servei de trànsit aeri en ruta dins de la FAB DK-SE. Les instal·lacions i actius de ATCC continuen sent propietat de Naviair i LFV. NUAC HB és una societat propietat de Naviair i LFV. Els serveis de MET es proporcionen per separat, per DMI i SMHI com a proveïdors de serveis de MET designats pel FAB, l'Institut Meteorològic Danès (DMI) i l'Institut Meteorològic i Hidrològic de Suècia (SMHI).



Figura 3.6. Distribució geogràfica del DK-SE FAB

Com mostra la Figura 3.6 el FAB està rodejat per diferents FIRs/UIRs: Noruega, Finlàndia, Escòcia, Londres, Amsterdam, Bremen, Hanover, Rhine, Varsòvia, Vilnius, Riga, Tallin i Kaliningrad. Els serveis de trànsit aeri dues parts del nord del FIR sobre el mar Bàltic estan delegades a Suècia.

3.1.5. FAB CE

El FAB CE (FAB del Centre d'Europa) es va formar al maig de 2011 i esta consitutit pels països que mostra la Taula 3.6:

Taula 3.6. Autoritats Competents en cada Estat membre del FAB CE

Estats Membres	ANSPs	Autoritats Nacionals de Supervisió
Àustria	Austro Control	Ministeri Federal de Transport, Innovació i Tecnologia, Autoritats d'Aviació Civil d'Àustria
Bòsnia i Herzegovina	BHANSA	Directorat d'Aviació Civil d'e Bosnia i Herzegovina
Croàcia	Crocontrol	Agència d'Aviació Civil Croata
República Txeca	ANS CR	Autoritat d'Aviació Civil de la República Txeca
Hongria	HugaroControl	Autoritat Nacional de Transport de la República d'Hongria
Eslovàquia	LPS	Autoritats d'Aviació Civil de la República d'Eslovàquia
Eslovènia	Slovenia Control	Agència d'Aviació Civil de la República d'Eslovènia

L'abast legal del bloc és diferent als estats que conformen el FAB i s'ha definit en l'Annex 2 de l'Acord d'Establiment del FAB CE (FAB CE Agreement)¹⁶:

- Bosnia i Herzegovina, Croàcia, Eslovàquia i Eslovènia només inclouen serveis en ruta (proporcionen ATS, CNS, AIS, MET i SAR) segons esta esmentat en l'acord del FAB.
- Àustria, República Txeca i Hongria proveeixen tots els ANS (ATS, CNS, AIS, MET i SAR) sense limitacions.

Pel que fa a l'Acord entre Estats, el FAC CE cobreix els següents espais aeris: el FIR de Viena (des de GND¹⁷-UNL¹⁸), El FIR de Sarajevo (des de FL165 – UNL), FIR de Zagreb (des de FL205 – UNL), FIR de Praga (des GND – UNL), FIR de Budapest (des de GND – ULD), el FIR de Bratislava (des de FL195 – UNL) i el FIR de Ljubljana (des de FL175 – UNL).

Amb els límits verticals esmentats, podem veure que alguns dels Estats del FAB CE no van incloure la part inferior dels seus espais aeris dins de l'acord.

¹⁶ FAB CE State Agreement, art. 20 and Annex 2

¹⁷ GND: Ground. Des de terra

¹⁸ ULD: Unlimited. No hi ha límit vertical

Hi ha 63 sectors controlats en el FAB i estan distribuïts en els ACCs següents: ACC Bratislava, ACC Budapest, ACC Ljubljana, ACC Praga, ACC Sarajevo, ACC Viena i ACC Zagreb. A la Figura 3.7 podem veure la distribució geogràfica del FAB i els sectors que l'envolten:



Figura 3.7. Distribució geogràfica del FAB CE

Com s'ha comentat anteriorment, els serveis que faciliten aquests 7 ACCs són serveis en-ruta, no inclouen TMA, tot i que poden tenir procediments o projectes tecnològics comuns com poden ser WAM o PBN. De moment no hi ha plans per unificar els 7 ACC. L'objectiu d'aquest bloc a curt termini és aconseguir un espai aeri amb àmplia sectorització i operacions transfrontereres agrupant de manera òptima els FIRs que el conformen.

3.1.6. FABEC

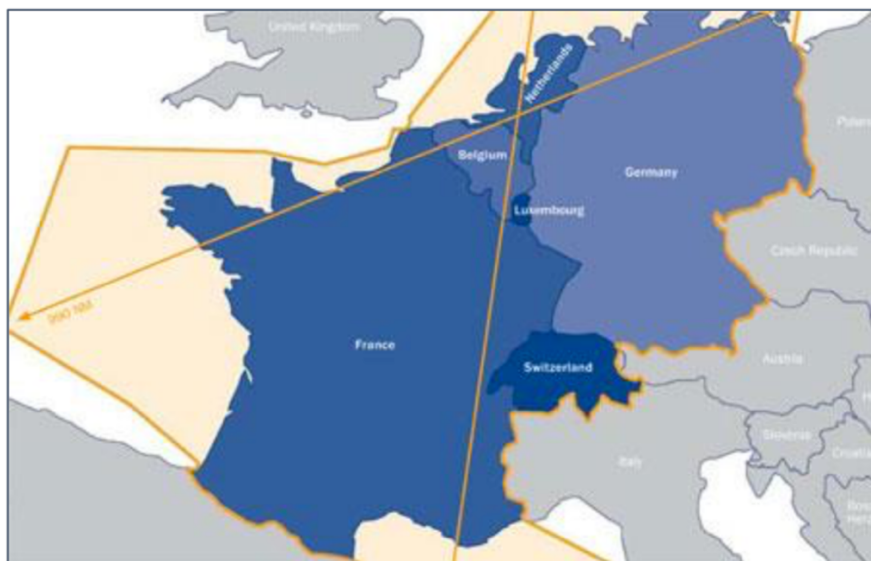
El FABEC (Functional Airspace Block Europe Central) cobreix el *lower* i *upper airspace* de Bèlgica, França, Alemanya, Luxemburg, Països Baixos i Suïssa; el MUAC també n'és membre. El FABEC es va signar al Desembre de 2010. En la Taula 3.7 es mostren les autoritats:

Taula 3.7. Autoritats Competents en cada Estat membre del FABEC

Estats Membres	ANSPs	Autoritats Nacionals de Supervisió
Bèlgica	Belgocontrol	Autoritats Superviores Belgues dels Serveis de Navegació Aèria (BSA-ANS)
França	Firection des services de la Navigation aérienne (DSNA)	Direcció de Transport Aeri (DTA)
Alemanya	DFS Deutsche Flugsicherung GmbH	Budesaufsichtsamt für Flugsicherung
Luxemburg	Administration de la Nafigation aérienne (ANA)	Direcció d'Aviació Civil
Països Baixos	Luchtverkeersleiding Nederland (LVNL)	Ministeri d'Infraestructura i Mediambient
Suïssa	Skyguide	Oficina Federal d'Aviació Civil (FOCA)
	EUROCONTROL Maastricht Upper Area Control Centre (MUAC)	

L'espai aeri del FABEC està situat al vell mig de la xarxa de trànsit aeri d'Europa. L'àrea geogràfica que abarca és de 1,7 milions km², i engloba els FIRs i UIRs següents: FIR de Bremen, FIR Langen, FIR München, UIR Hannover, UIR Rhein, FIR/UIR Bruxelles, FIR Bordeaux, FIR Brest, FIR Marseille, FIR Paris, FIR Reims, UIR France, FIR Amsterdam i FIR/UIR Suïssa.

En la Figura 3.8, podem veure l'abast geogràfic d'aquest bloc:

**Figura 3.8.** Distribució geogràfica del FABEC

Els FIRs del FABEC estan situats sobre l'espai aeri més complex i concorregut del món, aquest FAB gestiona el 55% del tràfic aeri d'Europa. En aquesta àrea també es troben alguns dels aeroports més grans d'Europa, de manera que oferir serveis a trànsit internacional és molt important.

En aquest bloc funcional hi ha bastantes delegacions transfrontereres, tot i que la majoria es van formar abans que apareixes el SES.

En relació amb altres blocs, 90% del trànsit que hi ha en aquest bloc, aproximadament un 40% correspon a trànsit internacional en-ruta i el 50% restant correspon a OVER FLIGHT TRAFFIC.

Tots els ANSP proveeixen tots els ANS (CNS, ATM+AIS) excepte MET (a excepció de Bèlgica). FABEC ha implementat un gran nombre de noves rutes directes (DCTs) a través del seu espai aeri amb l'ajuda dels estats que hi ha al seu voltant.

3.1.7. NEFAB

El NEFAB (North-European Functional Airspace Block) conté Estònia, Finlàndia, Letònia i Noruega. El primer pas cap a un FAB va ser al 2007 quan s'estudiava la viabilitat de fer un bloc funcional al nord d'Europa. El FAB inicial englobava a més dels estats que hi ha ara, Suècia, Dinamarca, Islàndia, però finalment van decidir no participar en el projecte.

Els quatre estats membres citats van establir-se com a bloc funcional d'espai aeri mitjançant la signatura d'un acord a nivell estatal al juny de 2012. La visió del NEFAB sempre ha estat optimitzar els serveis de cara als passatgers, centrant-se en la seguretat, l'eficiència i la petjada mediambiental.

A continuació a la Taula 3.8 es mostren les autoritats competents del bloc:

Taula 3.8. Autoritats Competents en cada Estat membre del NEFAB

Estats Membres	ANSPs	Autoritats Nacionals de Supervisió
Estònia	EANS	Administració d'Aviació Civil d'Estònia
Finlàndia	Finavia	Agència de Transport i seguretat Finesa (TRAFI)
Letònia	LGS	Agència d'Aviació Civil de Letònia
Noruega	Avinor	Autoritats d'Aviació Civil de Noruega

En la figura 11 es pot veure el mapa que engloba els FIRs i UIRs de l'espai aeri del nord d'Europa: Estònia, Finlàndia, Letònia, Noruega i l'Oceà Bodø.

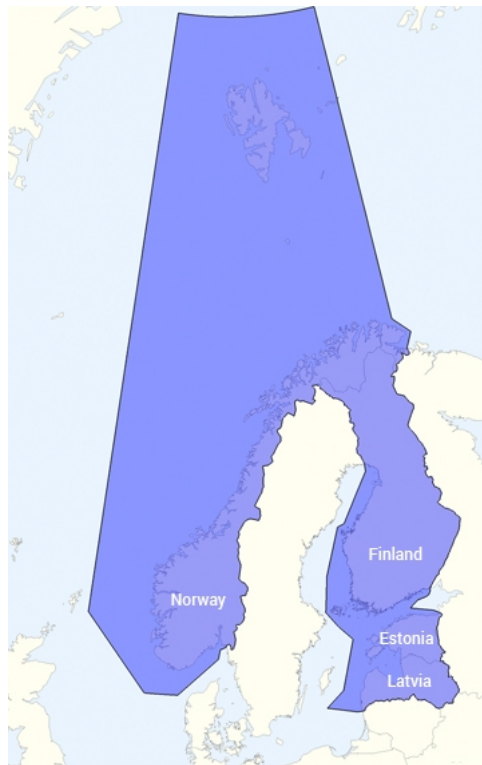


Figura 3.9. Distribució geogràfica del NEFAB

Els serveis que inclou el NEFAB inclouen ATS en ruta en tots els FIRs/UIRs a més de, CNS, MET i AIS. No cobreix ANS ni SAR¹⁹. Al setembre de 2016 els Proveïdors de Servei de Navegació Aèria, Avinor i Finavia, van firmar un acord on es comprometien a proveir-se mútuament ATS transfronterer entre Noruega i Finlàndia. Com a part també d'aquest acord, ambdues parts van acordar compartir responsabilitats per ATS en parts de l'espai aeri Finès i les aproximacions a l'aeroport de Kirkenes (Noruega). Avinor a més proporciona ATC a nivell oceànic.

Els ANSP del NEFAB cobreixen una gran àrea geogràfica i serveixen trànsit aeri des d'una gran varietat d'aeroports, des de petits aeroports regionals remots fins a centres nacionals amb volums de trànsit considerables. A més, també hi ha grans quantitats de trànsit sobrevolant l'espai aeri de NEFAB, incloses operacions de llarg radi.

¹⁹ NEFAB State-level Agreement

Hi ha cooperació en el camp dels serveis meteorològics de l'aviació entre els proveïdors de MET de NEFAB i la FAB DK-SE, que conjuntament han establert el consorci NAMCon.

3.1.8. SW FEAB

El South West FAB (SW FAB) es va establir al maig de 2013²⁰. Aquest bloc compren Espanya i Portugal. En la Taula 3.9 es mostra un resum de les autoritats competents del bloc:

Taula 3.9. Autoritats Competents en cada Estat membre del SW FAB

Estats Membres	ANSPs	Autoritats Nacionals de Supervisió
Espanya	Entitat Pública empresarial d'Aeroports Espanyols i Navegació Aèria (ENAIRE)	Direcció General d'Aviació Civil (DGAC)
Portugal	Navegació Aèria de Portugal – NAV Portugal	Institut Nacional d'Aviació Civil (INAC, I.P)

L'abast dels serveis dins de l'àmbit de la FAB SW es defineix en l'article 17 de l'Acord de l'Estat de la FAB i inclou ATS, CNS, MET, AIS, així com les funcions ASM i ATFM.

Com podem veure a la Figura 3.10, l'espai aeri que compren el SW FAB té els següents FIRs/UIRs: UIR Madrid (FL245-UNL), UIR Barcelona (FL254-UNL), UIR Illes Canàries (FL245-UNL) i UIR Lisboa (FL245-UNL). El FIR Oceànic Santa Maria no s'inclou dins del FAB.

²⁰ FAB SW State Agreement



Figura 3.10. Distribució geogràfica del SW FAB

Els quatre FIRs/UIRs estàn envoltats per múltiples FIRs, el que causa que hi hagi moltes qüestions operatives a tenir en compte. Entre Espanya i Portugal hi ha una delegació que s'encarrega de l'ATS a les fronteres nacionals, amb l'objectiu de millorar l'eficiència operativa.

Dins la regió que ocupa el FAB, Portugal té un 40% de desbordament (actualment està assolint un 40% més dels vols que pot operar), 51% d'arribades/sortides internacionals i un 5% de vols domèstic; Espanya té una sobredemanda del 29%, un 56% d'arribades/sortides internacionals i un 14% de vols domèstics.

Al llarg del Juny de 2016 es va buscar la cooperació amb el bloc funcional FABEC per coordinar projectes que englobin operacions amb i a través de França. A part, els proveïdors d'ATS en-ruta, ENAIRE i NAV Portugal, fan col·laboracions a nivell inter-FAB/regional en l'àrea AEFMP (Argel, Espanya, França, Marroc i Portugal).

3.1.9. UK-Ireland FAB

El UK-Ireland FAB es va establir el juliol de 2008 i va ser el primer FAB en funcionament. Inclou Regne Unit i Irlanda, excluint l'espai aeri sobre l'oceà. A la Taula 3.10 es detallen les entitats constitutives de la FAB:

Taula 3.10. Autoritats Competents en cada Estat membre del UK-Ireland FAB

Estats Membres	ANSPs	Autoritats Nacionals de Supervisió
Irlànda	Autoritat Irlandesa d'Aviació (IAA) – ANSP	Divisió de Regulació de Seguretat de l' Autoritat Irlandesa d'Aviació
Regne Unit i Irlànda del Nord	NATS	Autoritats d'Aviació Civil del Regne Unit

L'àmbit geogràfic del FAB es presenta al mapa adjunt a la Figura 3.11:

**Figura 3.11.** Distribució geogràfica del UK-IRL FAB

Els serveis de navegació aèria inclosos en l'àmbit de la FAB *UK-Ireland* comprenen ATS i CNS (indirectament, afectats per projectes FAB individuals). El MET i l' AIS no formen part de les activitats del FAB.

Aquest bloc ha cooperat amb el FABEC a nivell de ANSP per extendre les arribades a l'aeroport de Heathrow.

Amb la creació dels blocs funcionals d'espai aeri i segons les explicacions que s'han fet durant aquest apartat, veiem que ha disminuït el nombre de Proveïdors de Serveis de Navegació Aèria, fet que ens apropa una mica més al model americà.

3.2. Disseny de l'espai aeri

Degut a la fragmentació de l'espai aeri les aeronaus han de viatjar de mitjana 49 km més del que farien en una ruta directe. La ruta dels vols segueix els límits nacionals a través d'una sèrie de "waypoints", sovint amb grans extensions de ruta directe, el que fa augmentar els costos i perjudica al medi ambient. Un altre problema és que, en creuar les fronteres, els procediments i els mitjans tecnològics canvien. Seria més pràctic assumir el control del trànsit aeri abans d'entrar al país. Per aquest motiu es van crear les *Cross-Border Areas*, àrees establertes sobre fronteres internacionals per a necessitats operatives específiques; per permetre gestionar els vols en qualsevol FAB d'una manera unificada. L'objectiu a l'hora de planificar la ruta dels vols és mantenir l'avió el més a prop possible del curs establert pel Great Circle (distància més curta entre dos punts).

Quan s'implementen els FABs el nombre de waypoints disminueix molt, les aeronaus poden ignorar els waypoints al llarg de cada país i centrar-se només en els punts d'entrada i sortida, de manera que obtenen una ruta molt més curta.

Normalment l'espai per a practiques militars estava restringit només per aquestes. Com a conseqüència, certes àrees no estaven a l'abast de vols comercials, fet que obligava a fer rutes més llargues. Amb l'ús de blocs funcionals s'utilitzen els FUA (Flexible Use of Airspace), el que significa que les antigues zones aèries militars s'utilitzen de forma compartida amb el tràfic civil, fer que permet accelerar el flux de trànsit aeri i desfà les barreres.

Un problema afegit són les àrees prohibides, que solen ser àrees que es troben sobre centrals d'energia (centrals elèctriques, nuclears...) o sobre instal·lacions polítiques com són els edificis diplomàtics. Aquestes restriccions no canviaran amb l'ús dels blocs funcionals ja que el seu tamany no es gaire significant en comparació amb l'espai aeri que si que es pot utilitzar.

En la figura 3.12 podem veure una comparació de la ruta que feia una aeronau abans d'instaurar els FAB i la ruta que pot fer un cop els FAB ja són operatius.

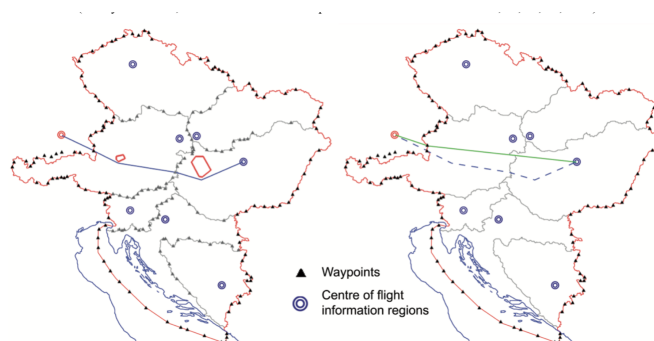


Figura 3.12. Diferència entre una ruta sense FAB i la ruta després d'aplicar FAB²¹

²¹ JEPPESEN Europe Low Altitude Enroute Chart 4, 11, 12, 13, 2011

La línia blava mostra la ruta entre dos aeroports abans que hi hagués FABs. Els avions havien de passar pels waypoints que dictava cada país tot evitant les zones d'ús militar. En la figura, s'ha d'evitar la zona militar del nord passant per un waypoint que es troba més al sud. Podem comprovar que això comporta una ruta desviada de la desitjada i per tant més llarga, fet que repercuteix en el temps de vol i el cost d'aquest. Després de l'implementació dels FAB, a la imatge de la dreta traçat en color verd veiem com la ruta no ha de passar exactament pels waypoints i pot travessar l'àrea militar degut a la zona d'ús flexible. Actualment aquest sistema està limitat a algunes hores del dia i en dies limitats, però s'espera que s'implementi totalment.

Implementant blocs funcionals d'espai aeri es podran obrir més rutes directes, cosa que portarà directe a costos inferiors per les aerolínies i reduirà la contaminació. Els FABs s'han de crear de manera que es maximitzi l'ús de l'espai aeri mantenint sempre la seguretat i el flux eficient de trànsit aeri.

CAPÍTOL 4. FREE ROUTE AIRSPACE

4.1. Definició

La definició de Free Route Airspace (FRA), tal i com explica EUROCONTROL²², diu:

*A specified airspace within which users may freely plan a route between a defined entry point and a defined exit point, with the possibility to route via intermediate (published or unpublished) waypoints, without reference to the ATS route network, subject to airspace availability. Within this airspace, flights remain subject to air traffic control.*²³

D'acord amb aquesta definició, podem dir que l'objectiu principal de FRA és eliminar les restriccions imposades per l'actual gestió de les rutes aèries i mitjançant l'ús òptim de l'espai aeri obtenir beneficis de capacitat, flexibilitat, eficiència de vol i estalvi de costos, mentre es mantenen els estàndards de seguretat.

Així doncs, en el FRA, els usuaris poden utilitzar les trajectòries que els resultin més convenients, fet que impacta directament en l'eficiència. Com a conseqüència, els controladors aeris requereixen d'eines i procediments concrets per poder garantir la distància de seguretat entre aeronaus.

El concepte de FRA, doncs, és la base de l'enteniment comú per a tots els participants de l'ATM que estan involucrats en la seva implementació. Aquest concepte recull diversos escenaris d'implementació que han de:

- Complir els objectius de seguretat.
- Ser compatibles amb les operacions ja existents.
- Ser sostenibles mitjançant un major desenvolupament.
- Ser capaços d'expandir-se o connectar-se amb l'espai aeri adjacent.
- Ser capaços d'exportar-se a altres regions.

En la Figura 4.1 es mostra el concepte FRA. En FRA hi ha punts d'entrada i de sortida pels usuaris, de manera que els operadors poden planejar les seves rutes basant-se en aquests punts. Així, poden estalviar distància, consum de combustible, temps de vol i reduir les emissions de Co2.

²² <https://www.eurocontrol.int/articles/free-route-airspace>

²³ *El Free Route Airspace (FRA) és un espai aeri específic dins del qual els usuaris poden planificar lliurement un recorregut entre un punt d'entrada definit i un punt de sortida definit, amb la possibilitat de recórrer a través de punts intermedis (publicats o no publicats), sense fer referència als serveis de trànsit aeri (ATS), subjecte, per descomptat, a la disponibilitat. Dins d'aquest espai aeri, els vols continuen sotmesos a control del trànsit aeri.*

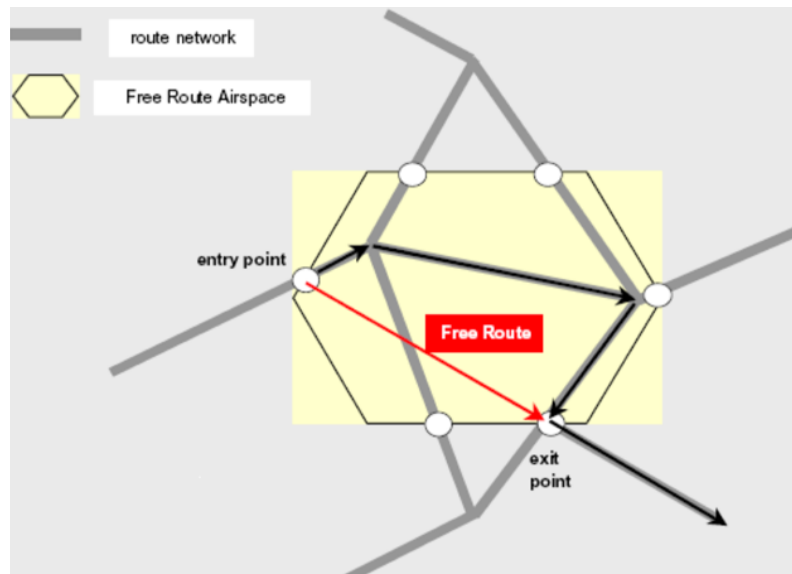


Figura 4.1. Concepte de Free Route Airspace²⁴

Per poder dur a terme tota aquesta implementació i adaptar-la a tot Europa, el conjunt d'eines emprades són les següents:

- El suport adequat del sistema entès com la millora dels propòsits de la planificació de vols i ATFCM.
- Procediments millorats, quan sigui necessari, per a operacions dins de FRA i en les seves interfícies.
- Adaptacions a les estructures de l'espai aeri.
- Modificacions en els sistemes de planificació de vols per assegurar que es puguin obtenir un benefici real del FRA; tot i que no es preveuen canvis en els requisits addicionals en els equips embarcats a bord de les aeronaus o dels operadors.

4.2. Suport tècnic i operacional

Per aconseguir els objectius explicats al punt 4.1, EUROCONTROL, com a gerent de la xarxa, proveeix serveis als ANSP: Disseny de l'espai aeri, concepte de les operacions, consells en quant a les publicacions aeronàutiques i prevalidació de cada nou entorn FRA per assegurar que els usuaris de l'espai aeri són capaços de planejar els vols d'acord amb el nou concepte. EUROCONTROL també proporciona solucions adequades per millorar encara més el rendiment operatiu i resoldre possibles problemes que puguin sorgir com a conseqüència de la implementació de la FRA.

²⁴ J. Kraus, "Free route airspace (fra) in europe", December, 2011

Això es fa oferint una coordinació proactiva, i també un suport tècnic i operatiu, per a iniciatives locals o subregionals d'espais aeris FRA, garantint que les millores necessàries de xarxa estiguin al seu abast per donar-les-hi suport.

Les activitats de suport inclouen:

- Desenvolupament d'un concepte d'espai aeri europeu de *free route* en els contextos de la versió 7 d'ARN i el pla europeu de millora de la xarxa de rutes (ERNIP) Part 1.
- Subministrament d'un punt general per consolidar i difondre informació sobre iniciatives, plans i propostes.
- Suport per a projectes d'utilització i disseny d'espais aeris per ANSPs, FABs o grups d'ANSPs i FABs individuals.
- Avaluacions de capacitat de treball i capacitat de simulació ràpida.
- Simulacions en temps real a gran escala (RTS).
- Suport tècnic i operatiu per assegurar l'adopció d'un enfocament i consistència comuns entre diferents iniciatives.
- Identificació dels facilitadors de xarxa necessaris, en particular:
 - Adaptació del sistema i compatibilitat.
 - Publicació harmonitzada dels AIS.
 - Una llista de verificació de les accions d'implementació de l'espai aeri FRA.
 - Procediments avançats de planificació de vols.
 - Iniciació al treball a nivell de xarxa per garantir que els facilitadors estiguin disponibles.
 - Suport a projectes d'espai aeri i processos ASM / ATFCM a la xarxa, FAB i nivells locals.
 - Suport a la implementació coordinada d'aspectes locals, subregionals i de xarxa d'aquestes iniciatives.
 - Validació de projectes d'utilització i disseny d'espai aeri a través del Centre d'Operacions de Network Manager (NMOC).
 - Coordinació del desenvolupament de sistemes de xarxa i procediments operatius.

4.3. Disseny

Per poder explicar com està dissenyat l'espai aeri FRA primer s'han de tenir clars alguns conceptes. En parlar d'espai aeri cal tenir en compte dos tipus de límits, els límits horitzontals i els límits verticals.

Pel que es refereix als **límits verticals** de l'espai aeri, no hi ha cap acord internacional sobre l'abast d'aquests. Hi han hagut moltes propostes diferents sobre quins havien de ser, com ara, la frontera entre l'atmosfera terrestre i l'espai

exterior (línia de Kármán, a 100 km); el límit de l'efecte gravitacional de la Terra o simplement l'àrea efectiva sobre la qual un estat pot tenir control.

Pel que fa als **límits horitzontals** de l'espai aeri d'un Estat, s'ha acceptat universalment que un Estat té una sobirania completa i exclusiva per l'espai aeri per sobre dels seus límits nacionals, que inclou l'àrea sobre el seu mar territorial.

Hi ha hagut moltes variacions sobre el que en realitat inclou el "mar territorial", amb la Convenció de les Nacions Unides sobre el Dret del Mar proporcionant la definició és més clara. Aquesta Convenció estableix que es considera que un **mar territorial** s'estén fins a 12 milles nàutiques des de la línia de base definida de l'Estat costaner.

Per l'explicació que es farà a continuació es tindran en compte tan sols els límits horitzontals i s'explicaran els diferents punts de l'espai aeri que són importants a l'hora de navegar en FRA.

4.3.1. Punts significatius

Per entendre com es dissenya l'espai aeri en funció de les rutes directes primer s'ha d'entendre la diferència entre els punts significants de l'espai aeri:

- Punt d'Entrada Horitzontal FRA (E)

Un Punt Significatiu publicat en les fronteres horitzontals de l'espai aeri en FRA des del qual les operacions FRA estan acceptades.

- Punt de Sortida Horitzontal FRA (X)

Un Punt Significatiu publicat en les fronteres horitzontals de l'espai aeri en FRA cap al qual les operacions FRA estan acceptades.

- Punt Intermedi FRA (I)

Un Punt Significatiu publicat, o no publicat, definit per coordenades o a través d'un angle i una distància gràcies als quals es permeten operacions en FRA.

- Punt de Connexió d'Arribada FRA (A)

Un Punt Significatiu publicat per mitja del qual les operacions FRA estan permeses per a trànsits d'arribada a aeròdroms específics.

- Punt de Connexió de Sortida FRA (D)

Un Punt Significatiu publicat des del qual les operacions FRA estan permeses per trànsits de sortida d'aeròdroms específics.

En la Figura 4.2 podem veure els punts esmentats en l'apartat anterior:

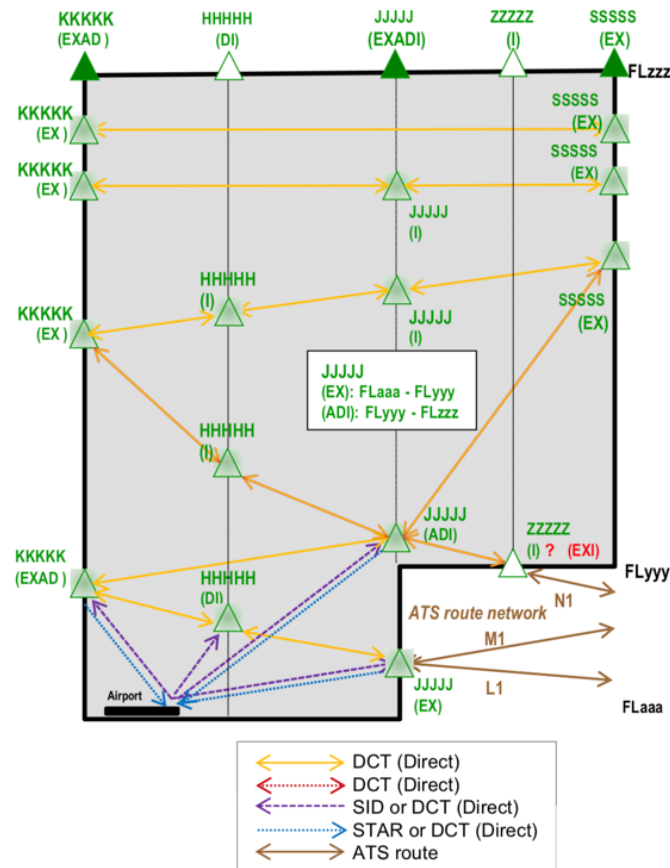


Figura 4.2. Definició de Punts Significatius en espai aeri FRA

4.3.2. Regles horitzontals

- Punts d'entrada (E) i sortida (X) horitzontals

L'entrada i la sortida d'espai FRA només es pot fer a través de punts significatius publicats i definits com a Punts d'Entrada/Sortida FRA. Aquests punts conserven les seves funcions de la normativa d'ATS. (Ex. Els punts que són només d'entrada segueixen essent només d'entrada també en FRA).

- Punts intermedis (I)

Per una banda, els usuaris de l'espai aeri poden volar a través de punts intermedis entre punts d'entrada i sortida de FRA, circumnavegar una zona particular, indicar un canvi de nivell de vol o velocitat, o mantenir-se en les regles frontereres de FRA. Un punt intermedi de FRA podria ser qualsevol ajuda de navegació per ràdio en ruta o 5LNC (codi de 5 lletres per designar punts) o un

punt significatiu no publicat definit per coordenades geogràfiques o per angle i distància. No obstant això, és possible que no hi hagi limitacions sobre el nombre de punts intermedis FRA utilitzats. Per altra banda, l'ús de punts intermedis de FRA en l'ITEM 15: RUTA²⁵ ve definit per la normativa de cada estat.

- Fronteres FRA

Els segments entre punts d'entrada, intermedis i de sortida de FRA han d'estar continguts dins dels límits publicats de FRA.

Els plans de vol amb segments que violin parcial o totalment els límits laterals de l'àrea de FRA poden no ser acceptats per l'estat on es trobin. Sempre que hi hagin excepcions seran publicades en l'AIP o RAD.

Els plans de vol que continguin segments que passen vora dels límits poden ser acceptats, però estaran subjectes a que els modifiquin la ruta de manera tàctica si fos necessari.

- FPL ITEM 15: Regles de Ruta

Els segments que es trobin entre punts d'entrada, intermedis i de sortida s'hauran d'indicar com a DCT en l'ITEM 15: RUTA del pla de vol. És possible que no hi hagi limitacions addicionals en la longitud dels segments DCT.

Exemple: [Entry Point] DCT [Intermediate Point] DCT [Exit Point].

4.3.3. Regles verticals

- Transició vertical degut a un canvi de nivell de creuer

Els vols que efectuïn un canvi de nivell de vol de creuer que comporti una transició cap a FRA hauran de reportar la part del vol fora de FRA als Serveis de Trànsit Aeri. Tanmateix, la part de vol dins de FRA es pot presentar segons les normes de FRA o mitjançant ATS, subjecte a disponibilitat d'espai aeri segons les preferències de l'operador. A més, el punt de transició entre FRA i la ruta indicada per ATS ha de ser qualsevol punt publicat que estigui disponible per operacions FRA i ha de ser definit en l'ITEM 15: RUTA del pla de vol.

- Transició vertical des de/cap a aeroports

Els vols que arribin o surtin d'aeroports, locals o que estiguin fora però propers a fronteres de l'àrea FRA, han d'omplir el pla de vol d'acord amb la normativa FRA tot i que una part del vol es trobi en els límits de l'espai FRA. En aquests casos,

²⁵ El pla de vol és un document que omple el pilot o el despatxant del vol amb tota l'informació referent a la ruta i que es sotmet a les dependències d'ATS per al seu coneixement. L'ITEM 15 conté informació important sobre la ruta, i en aquest apartat s'ha d'informar sobre: velocitat de creure, nivell de vol (en creuer) i descripció de la ruta.

els operadors poden volar *free route* des de/ cap a un punt d'entrada / sortida horitzontal FRA publicat a / des d'un punt de connexió FRA Arribada/ Sortida publicat o des d'un punt d'entrada horitzontal FRA publicat fins a un punt de sortida horitzontal FRA publicat.

En la Figura 4.3 es mostra un exemple de l'implementació de les regles horitzontals en quant a les fronteres FRA:

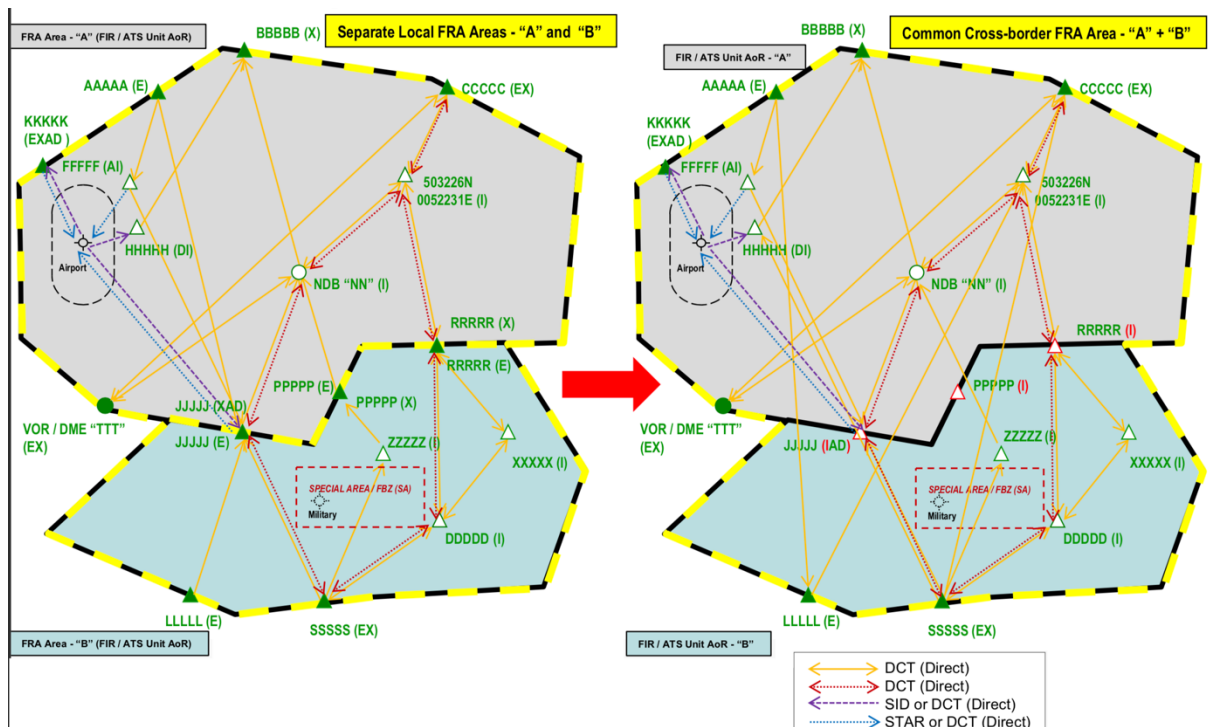


Figura 4.3. Exemple implementació límits transfronterers

En la Figura 4.3 veiem un exemple de com es connecten dos espais FRA entre ells i quines normes segueixen:

- Inexistència de punts FRA (E), FRA (X) i FRA (EX) en fronteres comunes, ja que es canvien a FRA (I).
- No obligatorietat per a la planificació de vols els punts FRA (I) en les fronteres comunes.
- Restriccions inexistents en la distància màxima del DCT.
- Restriccions transfrontereres inexistents pels fluxos ARR / DEP amb possibilitat de definir rutes de connexió d'arribada i sortida de FRA.
- Ús més òptim de punts no publicats, com els punts FRA (I), definits per coordenades o a través de l'angle i la distància.

- Possibilitat de procediment per protegir la sobrecàrrega de dades del sistema ATC: requisit d'AIP per a la presentació de punts significatius de FRA.
- Possibilitats de simplificar les restriccions/limitacions dels FRA locals (fusionats en una àrea FRA comuna).
- Eliminació de les limitacions FLOS locals "FRA" en els punts fronterers FRA (E), FRA (X) i FRA (EX).
- Millora dels procediments amb les LoA (Letter of Agreement/Cartes d'Acord²⁶).

4.4. Implementació

L'any 2008, EUROCONTROL va iniciar el desenvolupament i implementació de FRA en conjunt amb experts en disseny d'espai aeri tant civils com militars, estats membres d'ECAC (Conferència Europea d'Aviació Civil), ANSPs i usuaris de l'espai aeri.

La implementació de FRA és un procés que s'està duent a terme per passos on els estats comencen a implementar rutes directes (DCT) per adaptar-se gradualment al FRA.

Per poder implementar el FRA EUROCONTROL es basa en 6 etapes emmarcades en el temps:

- Pas 1: Implementació de rutes directes limitada –DCT nocturns.
- Pas 2: Implementació integral de DCT - DCT nocturns i / o caps de setmana.
- Pas 3: Implementació integral de DCT - DCT parcial 24 hores
- Pas 4: Implementació completa del DCT - DCT a 24 hores
- Pas 5: Implementació completa de FRA: nit
- Pas 6: Implementació completa de FRA

A part, també s'ha separat l' implementació en la part horitzontal i la part vertical.

- Horitzontal:
 - Vols permesos per al pla de vol dins d'un "espai aeri específic" entre els punts publicats d'entrada/sortida (E/X) o a través de punts intermedis (I).
 - "Espai aeri específic" sol representar una zona de responsabilitat de la unitat de control del trànsit aeri (ATC). (CTA/UTA → ACC/UAC).

²⁶ Les cartes d'acord (LoA) estableixen la política d'alt nivell per a la cooperació entre estats en condicions de contingència i poden cobrir suport operatiu i tècnic.

- Vertical:
 - Les zones de FRA es distribueixen segons el nivell de vol. Per sobre de FL335; FL305; FL285; FL245; FL175; FL095, etc.

Actualment, més de 30 estats tenen plans d'implementació a diferents etapes i el FRA s'està expandint a través de moltes iniciatives i implementacions transfrontereres. EUROCONTROL té previst que gairebé tot l'espai aeri europeu funcioni amb FRA a finals de 2019 i esperen que al final de 2021 o entrant al 2022 estigui implementat per complert.

S'ha de tenir en compte també que a mesura que es vagi implementant, l'espai on s'apliqui FRA haurà d'ajustar-se als estàndards següents mostrats a la Figura 4.4.

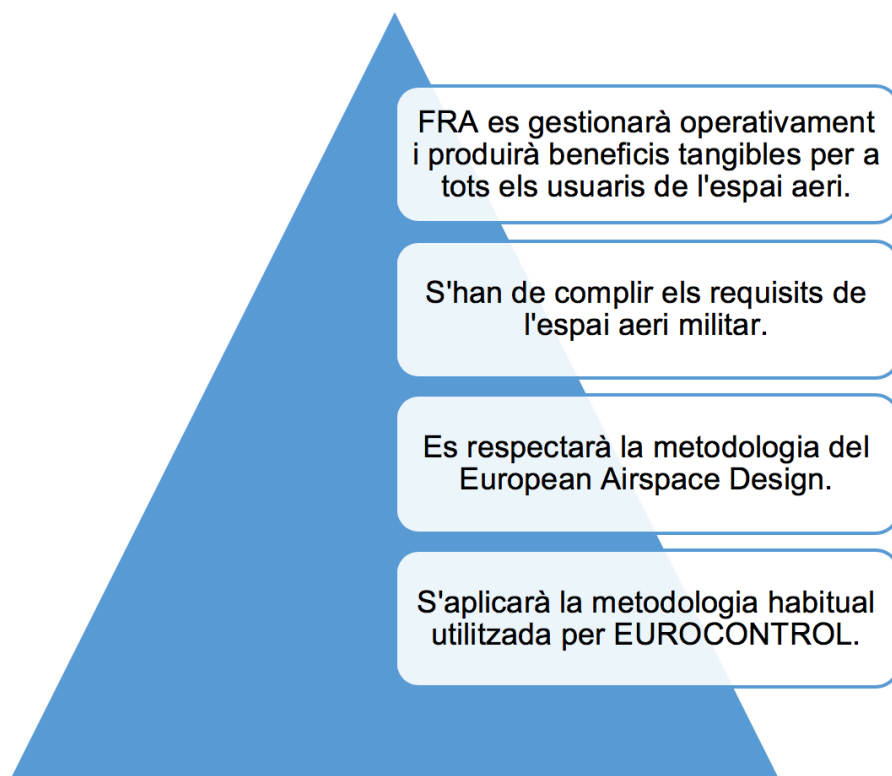


Figura 4.4. Estàndards d'implementació

Els països pioners en l'implementació del FRA van ser Portugal, Irlanda i Suècia. Mentre que hi ha zones on FRA s'aplica sobre un bloc funcional, n'hi ha d'altres que encara no han superat les barreres i encara operaren de manera aïllada. Aquí podem veure el cas del *South West FAB* que engloba Portugal i Espanya. Mentre que Portugal va ser una dels primers països en implementar-ho, a Espanya no es té previst fins a finals del 2022, època en que s'espera que tota

Europa operi en funció de FRA. També trobem el mateix cas en el FAB que forma Anglaterra i Irlanda, mentre que Irlanda està completament implementada des de fa anys, Anglaterra segueix buscant la completa implementació.

Actualment, podríem dir que la meitat del territori ha aconseguit implementar FRA, cada zona es troba en un estadi diferent d'implementació com podem veure en la Figura 4.5:

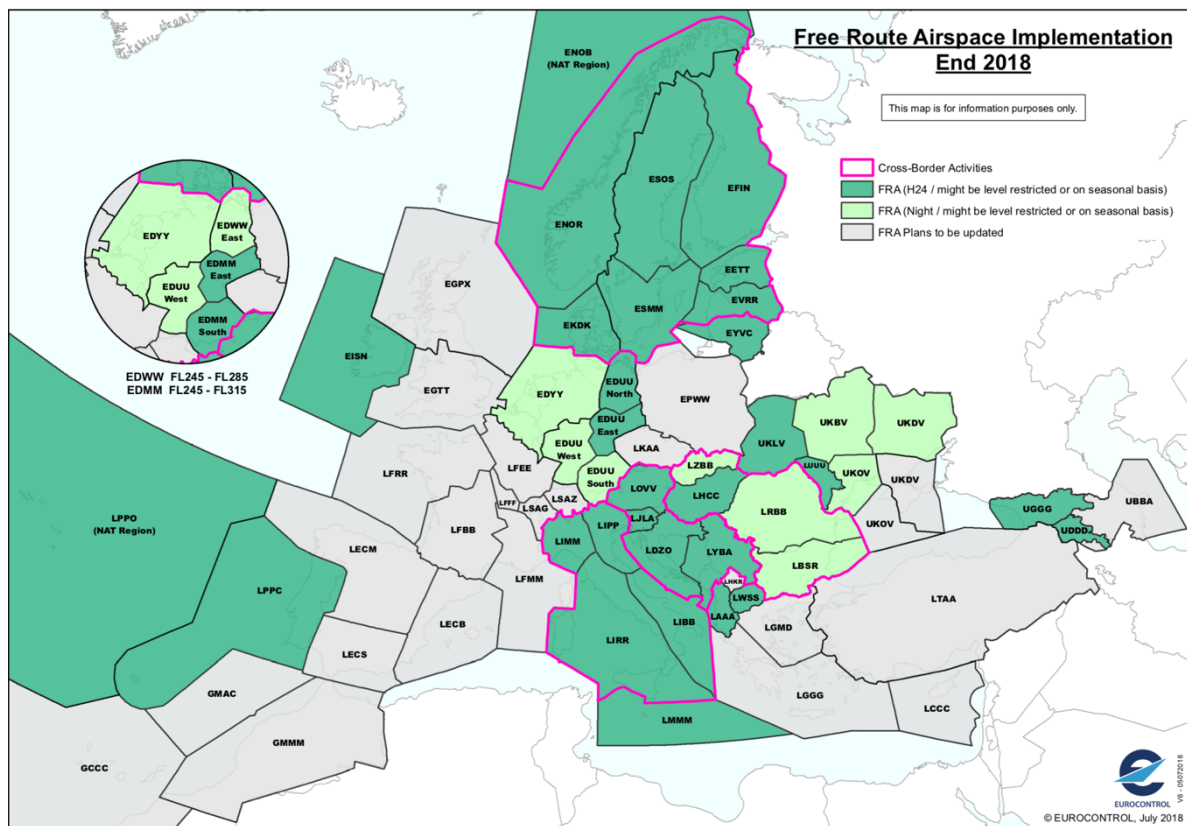


Figura 4.5. Implementació FRA a finals de 2018

Així mateix veiem que on hi ha implementació total (24 hores) de FRA són els FIRs de Portugal, Irlanda, Noruega, Suècia, Finlàndia, Dinamarca, Estònia, Letònia, Lituània, Nord-Est d'Alemanya, Àustria, Eslovènia, Croàcia, Sèrbia, Itàlia, Malta, Macedònia, Albània, Ucraïna i Armènia.

Com ja es veu, els blocs funcionals porten diferents ritmes d'implementació, per ara veiem que:

- El BALTIC FAB està implementant FRA, però no com un sol bloc, ja que cada ANSP té el seu pla d'implementació i metes temporals diferents. El FRA s'està implementant amb el *European ATM Master Plan*²⁷ (Level 3):

²⁷ THE ROADMAP FOR DELIVERING HIGH PERFORMING AVIATION FOR EUROPE (European ATM Master Plan, 2015)

AOM21 i Ol-Steps: AOM0401, AOM-0402. De tota manera, la meta temporal està dirigida per cada Estat. Al desembre de 2015, Lituània va implementar FRA a l'espai aeri superior entre FL245 i FL660²⁸. Polònia en canvi, té planejat implementar FRA al llarg del 2019. Basats en el trànsit entre els dos estats, aquestes dues implementacions no estan estrictament subjectes al FAB tot i que estan coordinades per aquest.

- El BLUE MED FAB té FRA implementat en la majoria dels seus estats membres. N'és una excepció Grècia, que es preveu que estigui totalment implementada a finals de 2022. Aquest bloc funcional està implementant FRA a través del que dicta la ERNIP²⁹ i la Xarxa del pla d'operacions. L'espai aeri italià, com es veu a la figura 19, té implementat FRA les 24 hores, per sobre de FL335.
- El DANUBE FAB ha aplicat FRA només en horari nocturn. Aquesta implementació va començar al gener de 2017 i s'espera la completa implementació a final de 2019. Juntament amb aquesta implementació s'ha creat l'Inter-FAB entre Romania i Hongria.
- El DK-SE FAB va implementar FRA per sobre del FL285 al 2011. En una presentació³⁰ feta per la Comissió Europea s'esmenta que el 54% de les aeronaus volen la seva ruta òptima a través d'aquest FAB.
- El FAB CE ha estat implementant rutes directes i elements de FRA des de 2014. L'implementació de FRA va començar al Novembre de 2015 com a resultat de la cooperació entre Austro Control i Slovenia Control, agafant (*embracing*) les dues àrees de responsabilitat (Viene i Ljubljana). Amb la total implementació de SAXFRA (Slovenian Austrian Cross Border Free Route Airspace) al Novembre de 2016, Austro Control i Slovenia Control han estat els primers en implementar de forma segura el primer espai aeri transfronterer FRA a Europa sense límits verticals i sense restriccions temporals. A més, aquest FAB juntament amb els dos FABs veïns (Baltic FAB i Danube FAB) van proposar a través del projecte GATE One (GO) una iniciativa per sincronitzar l'espai aeri transfronterer a través de les seves regions, creant així un espai bastant ampli on operar *free route*. Croàcia Control és dels ANSP més actius en l'implementació del FRA (participa en un programa anomenat SEAFRA) juntament amb SMATSA i BHANA.
- El bloc FABEC és dels més adelantats en l'implementació de FRA, tot i que no tots els estats que el conformen l'apliquen. El FRA està considerat com una eina per millorar l'espai aeri del bloc. Des de 2015 han

²⁸ SUP 011/2015, "Implementation of Free Route Airspace in Vilnius FIR/UIR, http://www.ans.lt/media/cms_page_media/78/EY_Sup_A_2015_011_en.pdf

²⁹ ERNIP: NM European Route Network Improvement Plan

³⁰ "NUAC – Nordic Unified Air Traffic Control – A successful partnership", http://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/modes/air/ses/ses-award/projects/doc/nuac_presentation.pdf

implementat 331 directes, reduint la distància volada en 400.000 NM amb un guany de 3.750.000€. De moment, França encara no ha implementat FRA en cap estadi, però està previst que a finals de 2019 alemnys en horari nocturn es pugui operar utilitzant *free route*, si no és en tot el territori, en la majoria d'aquest.

- El NEFAB aplica *free route* desde Juny de 2016 i en molts casos actua conjuntament amb el DK-SE FAB per optimitzar operacions. Porta a terme varies activitats per optimitzar el seu espai aeri a través de sectorització transfronterera i provisió de serveis, multi-FAB FRA. El NEFAB té una estreta cooperació amb el FAB DK-SE, així com amb Islàndia. La cooperació ha donat suport a la implementació del Programa NEFRA (North European Free Route Airspace).
- El SW FAB ha aplicat des de maig del 2014 FRA en la zona de Portugal, concretament el FIR de Lisboa. La propera implementació ha de ser a Santiago, Asturies. Com a estratègia del bloc funcional per aplicar *free route* s'estan duent a terme 3 projectes transfronterers per estendre-ho al FIR de Brest, a França; FIR de Casablanca, al Marroc; i FIR de Santamaria. A finals de 2016 es va dur a terme l'harmonització del bloc funcional de manera que a Portugal és per sobre FL195 i a Espanya a FL245.
- EL UK-Ireland FAB ha aplicat FRA en el FIR d'Irlànda, mentre s'espera que el Regne Unit implementi a finals de 2019.

Els punts explicats són com es troba actualment la implementació de FRA a Europa.

A finals de 2019, la major part de l'espai aeri europeu hauria d'haver implementat FRA i tot l'espai aeri hauria de tenir tipus d'operacions al 2021/2022. Aquest progrés és fruit de la cooperació molt estreta entre el gestor de xarxes, els ANSP, els socis militars i els usuaris de l'espai aeri.

La implementació transfronterera ha començat i ja és aplicable o aviat serà així a moltes parts d'Europa, SAXFRA (Àustria / Eslovènia), SEENFRA (Romania / Hongria / Bulgària), SEAFRA (Belgrad / Zagreb ACCs), MALTA / ITALIA, NEFRA (Estònia / Letònia / Finlàndia / Suècia / Dinamarca / Noruega).

Europa és la primera regió del món que ha implementat un concepte FRA complet, tot i que les iniciatives d'eficiència de vols existeixen de diverses maneres en altres parts del món, com a Amèrica del Nord i Austràlia.

A final de 2022 com ja hem dit, la implementació del FRA hauria de ser completa, com es mostra en la Figura 4.6:

4.5.2. ANSP

Operar en FRA permet més predictibilitat gràcies a que les trajectòries són més estables mentre es millora l'eina que permet detectar conflictes entre rutes. Aquest concepte pot conduir a una millor detecció dels conflictes en comparació amb la concentració de conflictes generada per la xarxa de ruta fixa actual. A més, els ANSP no han identificat cap problema important que els impedeixi implementar el concepte fins i tot en un dels volums més concorreguts d'espai aeri del món: l'àrea coberta pel Centre de Control de l'Àrea Superior de Maastricht.

FRA és un referent clau per aconseguir *free route* a tot l'espai aeri europeu en el camí cap a les trajectòries empresarials i els perfils 4D de SESAR. A finals de 2020 s'espera que es puguin estalviar entre 60.000 i 75.000 NM per dia, amb les conseqüències que això aportaria a nivell d'estalvi de combustible, nivells de contaminació i costos. L'ús de *free route airspace* permetrà complir amb la demanda dels futurs usuaris de l'espai aeri dels pròxims 50 anys, com poden ser l'ús de drons tant civils com militars, vehicles hipersònics, operacions espacials, etc.

CAPÍTOL 5. VUELING

Abans de començar l'estudi FRA centrat en la companyia aèria Vueling explicarem les característiques principals d'aquesta gran cooperativa.

Vueling és una línia aèria espanyola amb seu a Barcelona. L'empresa va començar a operar l'any 2004 de la mà de Carlos Muñoz i Lázaro Ros com a companyia aèria independent. L'any 2009 i, després de la fusió d'aquesta amb Clickair, el seu principal accionista va passar a ser Iberia, per acabar més endavant a les mans del *holding* controlat per la fusió d'Iberia i British Airways, el grup IAG. Actualment l'empresa és propietat d'IAG.

Vueling segueix la filosofia d'una companyia de baix cost. És la major línia aèria dins del territori espanyol en quant a destins i flota; i la segona, si ens referim al número de passatgers transportats dins del territori, tan sols superada per la irlandesa Ryanair. La cooperativa té un centre de connexió internacional a Roma-Fiumicino; bases operatives a Amsterdam-Schiphol i Florència; i vola arreu d'Europa.

En l'actualitat, Vueling compta amb un total de 112 avions, tots de la família Airbus. Entre ells:

- 5 - A319
- 71 - A320
- 16 - A32A
- 19 - A321
- 1 - A320neo.

Vueling actualment vola a més de 130 destins. Com hem comentat, el seu HUB principal es l'aeroport de Barcelona El Prat des d'on opera uns 450 vols diaris ocupant gairebé el 50% de la quota del mercat.

Tal i com hem presentat a l'inici d'aquest document, el projecte té la finalitat d'analitzar quins beneficis a nivell econòmic i d'eficiència obté una companyia de baix cost com VUELING amb el simple fet de sobrevolar espais aeris on ja està implementat el *free route*, quina afectació suposa aquest fet dins l'operativa diària de la cooperativa i de quina manera es podria fer un millor ús d'aquests per poder incrementar els guanys.

El fet de realitzar aquest estudi basat en la companyia Vueling no ha estat una casualitat. De fet, amb tot el que sabem fins ara sobre el que significa el FRA podem dir que **les companyies aèries de baix cost acostumen a ser les úniques que operen durant les hores en les quals la major part de l'espai aeri FRA sol estar operatiu.**

Així doncs, em cregut convenient realitzar l'estudi sobre una d'aquestes companyies per aconseguir que els resultats obtinguts siguin molt més significatius i propers als que esperem.

Com hem vist en apartats anteriors, operar espai aeri FRA té diferents finalitats. Però en el cas del nostre estudi, **la hipòtesis** que es valora es la següent:

- Una línia aèria que utilitza FRA pot obtenir un alt benefici a l'hora d'optimitzar tant el temps de vol com el combustible cremat durant aquest.

Així doncs per dur a terme aquest estudi ens hem centrat en aquestes dues principals variables, és a dir, el combustible cremat al llarg del vol i el temps de vol (s'entén per temps de vol des del moment del *take-off* fins al moment del *touchdown*). Les dues variables relacionen la nova forma de navegació (FRA) i la manera que té una companyia aèria de treure'n benefici d'aquesta.

5.1. Estructura

Al llarg d'aquest apartat explicarem com hem arribat a poder recopilar tota la informació necessària i quina ha estat l'estructura que hem seguit per analitzar-la, alhora que esmentarem els software utilitzats en cada pas del projecte.

L'estudi realitzat consta d'una recopilació de dades extretes durant els mesos de juny i juliol dels vols operats per la companyia aèria Vueling. Per tal d'aconseguir tota la informació necessària hem hagut d'utilitzar diferents softwares que la pròpia companyia ens ha facilitat.

5.1.1. WSI FUSION REPLAY

Amb la utilització del software WSI FUSION REPLAY, hem aconseguit obtenir tots **els plans de vol** realitzats pels diferents avions de la línia aèria al llarg d'aquest període de temps. D'aquesta manera, hem pogut identificar quins *waypoints* es sobrevolen, quins d'ells pertanyen a espai aeri *free route* i quan es realitza un "directe" entre dos waypoints. S'ha de puntualitzar que el fet de realitzar un *direct flight* entre dos *waypoints* és el principal benefici d'operar FRA per tal de ser més eficient i optimitzar millor l'espai aeri.

En la Figura 5.1 podem veure una captura del software WSI Fusion on es veuen els FIRs que hi ha a Europa juntament amb els vols de Vueling:

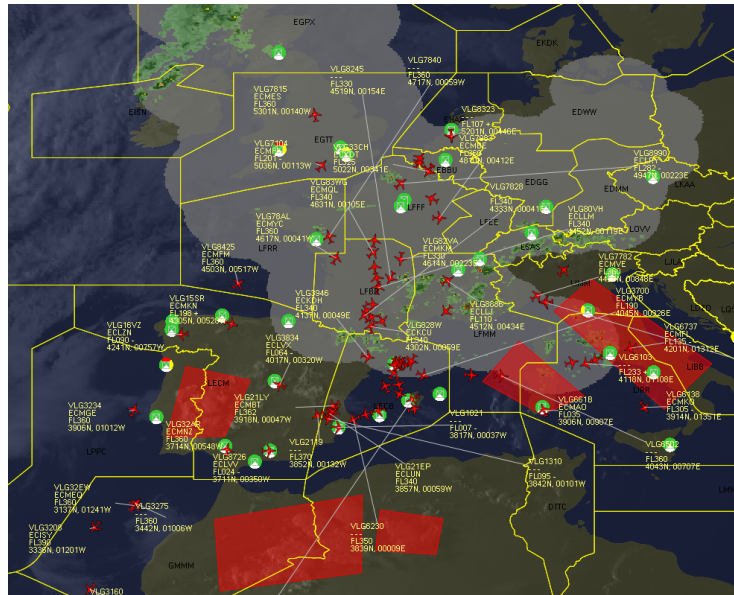


Figura 4.1. Captura momentània del software WSI Fusion

Amb aquest mateix software les dades extretes s'obtenen com es mostra a la Figura 5.2:

Window 1 - WSI Fusion

File View Tools Windows Help

Find Flight Find...

3 Flight 8 Airport 0 Airspace 5 System 0 Diversion 0 Reroute

Drag a column header here to group by that column

FLT	Origin (ORIG)	Departure...	Destination...	Route
VLG248C	LEBL	1610	LSZH	LEBL_PERAL.NITBA.4056N/00217E.4000N/00221E.DALIN.PIVUS.DIBER.SOSUR.ROTTIS.ADITA.MAXIR.LUISOL.BODRIJ.OKTET.IRMAR...
VLG248T	LESO	1626	LEBL	LESO.PPN.TURPU.ROKNO.RONNY.XOMBO.SURCO.MARIO.POSSY.GRAUS.TIRGO.SLL.TERLA.LEBL
VLG24AN	GCCR	1525	LEBL	GCCR.RIPDX.2905N/01326W.DIBIB.POKAB.GAMVA.KORAL.SONSO.3050N/01110W.3139N/01014W.3226N/00918W.NIRAL.OSDAM...
VLG24BM	LEBL	0335	LDSP	LEBL.4116N/00222E.4113N/00240E.VERSO.LAPIT.OSPOK.NOLVI.INKRI.ORKUM.EL.SAG.ALG.OREVEX.KOLUS.4105N/01025E.4127N/...
VLG24DR	LDSP	0620	LEBL	LDSP.SPL.ROGOV.TORPO.LISKO.KEGED.ANC.4344W/01239E.4353N/01150E.LOMED.RUXOL.4416N/00950E.GEN.4421N/00826E.GE...
VLG2571	LGMI	0120	LEBL	LGMI.3730N/02519E.3731N/02511E.3726N/02509E.VARDX.KEA.ATV.GERMI.XANIS.VARDI.LATSO.XRK.TIGRA.4011N/01803E.4018...
VLG26KT	LEBB	2025	LEMG	LEBB.4319N/00259W.4323N/00305W.4318N/00310W.4309N/00305W.AMTOS.UNOVI.ORBIS.DISKO.TLD.MONTO.CRISA.VULPE.O...
VLG2859	LFPO	1652	LEPA	LFPO.4849N/00233E.4838N/00238E.ABORO.EDOVA.ERDUJ.ERTOK.ETAMO.VALKU.ATSLP.MINSO.DITEV.DESOL.PPG.ALBER.GIR.N...
VLG28EA	EGKC	1856	LEBL	EGKC.5107N/00022W.5107N/00025W.5109N/00025W.5100N/00025W.5055N/00024W.5050N/00023W.BOGNA.BENBO.DRAKE.SIT...
VLG2901	LEPA	1730	BHAM	LEPA.3938N/00254E.PETAM.PINTO.GALAT.RODRA.VNN.ANTON.BISES.SADUR.CAVES.LATRO.CLOKO.OKABI.TOU.FISTO.PERIG.F...
VLG2972	LEBL	1858	LFRS	LEBL.DOTIS.4131N/00139E.MOPAS.GIROM.ASPET.AGN.SECHE.VELIN.UVELI.CNA.ADLU.MANAK.TIRAV.LAROK.GL.LFRS
VLG2973	LFRS	2108	LEBL	LFRS.LULLID.SUBAK.BOBRIJ.LUGEN.TUPAR.CNA.UVELI.VELIN.SECHE.AGN.TOU.LOMRA.ROCAN.PUMAL.BERGA.KOSIT.SLL.OLDIN.VI...
VLG2978	LEPA	1800	LFRS	LEPA.3932N/00242E.BAKAX.ADX.3937N/00218E.DRAGO.RES.XIKEN.KARES.ARBEX.REBUL.USKAR.MOPAS.GIROM.ASPET.AGN.SEC...
VLG2979	LPPT	1815	LFPO	LPPT.3853N/00900W.IDIDA.4020N/00709W.TOSDI.ZMR.UNOVI.DGO.CEGAM.SSN.LUSEM.LULLUT.BMC.CNA.TUDRA.BEVOI.AMB.CA...
VLG29NP	LFRS	2005	LEPA	LFRS.LULLID.SUBAK.BOBRIJ.LUGEN.TUPAR.CNA.UVELI.VELIN.SECHE.AGN.TOU.LOMRA.ROCAN.IBRAP.LUKEV.LORES.POSBA.POS.B...
VLG3000	LEBL	1940	GLCP	LEBL.4110N/00100E.4103N/00155E.BANBU.LOTOS.TORDU.DOUIT.SOFET.VLC.ASTRO.XEBAR.YES.MAMIS.BAZAS.VIBAS.MGA.BRK...
VLG3003	GLCP	1445	LEBL	GLCP.EOKOS.ISLET.LZR.KORAL.SONSO.3050N/01110W.3139N/01014W.3226N/00918W.NIRAL.OSDAM.ROMSO.TNG.BARPA.XAVI...
VLG3003	GLCP	1445	LEBL	GLCP.EOKOS.ISLET.LZR.KORAL.SONSO.3050N/01110W.3139N/01014W.3226N/00918W.NIRAL.OSDAM.ROMSO.TNG.BARPA.XAVI...
VLG3148	LEMG	1815	LEPA	LEMG.3633N/00421W.3654N/00408W.3710N/00331W.ROLAS.TOSGA.RESTU.ALT.SUMMO.MITOS.BRUNO.RUXET.LAMPA.3902N/0...
VLG3160	LEZL	1658	GCCR	LEZL.LAMAR.CORIA.CLANA.KORNO.ABODA.IBALU.ERMED.TOIRA.VEDOD.TERTO.PEPOM.GINAS.POKAB.NIRPO.ASTAM.ALEUD.28...
VLG3161	GCCR	1940	LEZL	GCCR.RIPDX.2905N/01326W.DIBIB.POKAB.GAMVA.KORAL.SONSO.3050N/01110W.3139N/01014W.3226N/00918W.NIRAL.OSDAM...
VLG319G	LEPA	2020	LEMG	LEPA.3932N/00242E.BAKAX.BITLO.BAVER.GERVU.ALT.RESTU.TOSGA.ROLAS.3711N/00328W.GDA.3712N/00421W.TOLSU.3704N/...
VLG3209	LEBL	1614	GCXO	LEBL.DOTIS.4109N/00148E.4000N/00113E.SENIA.DORMI.CRETA.NEXAS.DISVU.ADUKO.CIN.VTB.BOGAS.CRISA.HI.OXACA.OSLE...
VLG3208	GCXO	1939	LEBL	GCXO.LARYS.LZR.KORAL.SONSO.3050N/01110W.3139N/01014W.3226N/00918W.NIRAL.OSDAM.ROMSO.TNG.BARPA.XAVI.PIM...
VLG3218	LEBL	1815	GCXO	LEBL.DOTIS.4109N/00148E.4000N/00113E.SENIA.DORMI.CRETA.NEXAS.DISVU.ADUKO.CIN.VTB.BOGAS.CRISA.HI.OXACA.OSLE...
VLG3234	GCTS	1634	LECO	GCTS.2805N/01628W.TERPE.TPN.KASAS.KONBA.OSOTV.KULBL.BEXAL.3803N/01036W.4001N/00946W.AGADO.LECO
VLG3235	LECO	1945	GCTS	LECO.DEMOS.BIDO.4007N/01047W.TUNAV.3827N/01204W.3733N/01245W.MARUM.3523N/01413W.3406N/01400W.3247N/0154...
VLG3272	LEBB	2025	GLCP	LEBB.4319N/00259W.4323N/00305W.4318N/00310W.4309N/00305W.AMTOS.UNOVI.ZAHKO.MINVI.RIDAV.ADVINO.ELVAR.3810N/...

Figura 5.2. Dades que proporciona el software WSI Fusion

5.1.2. AIRFASE

AIRFASE, mostrat a la Figura 5.3, és una eina utilitzada per l'equip de *Flight Data Monitoring* (FDM) de la companyia per monitoritzar i extreure dades de vol. Mitjançant aquest software hem aconseguit trobar **les dues variables de cada vol** en les quals es centra el nostre projecte, temps de vol i combustible cremat.



Figura 5.3. Software empleat per monitoritzar les dades de vol, utilitzat per Airbus i Vueling entre d'altres

Cal esmentar que ha estat necessària la creació per part nostra d'un script dins d'aquest software per tal que ens proporcionés la informació adient per obtenir aquests paràmetres.

A la Figura 5.4 podem veure l'*script* que s'ha creat dins d'AIRFASE per poder detectar el pes de l'aeronau, en els moments d'enlairament i d'aterratge per tal d'obtenir el combustible utilitzat durant el vol:

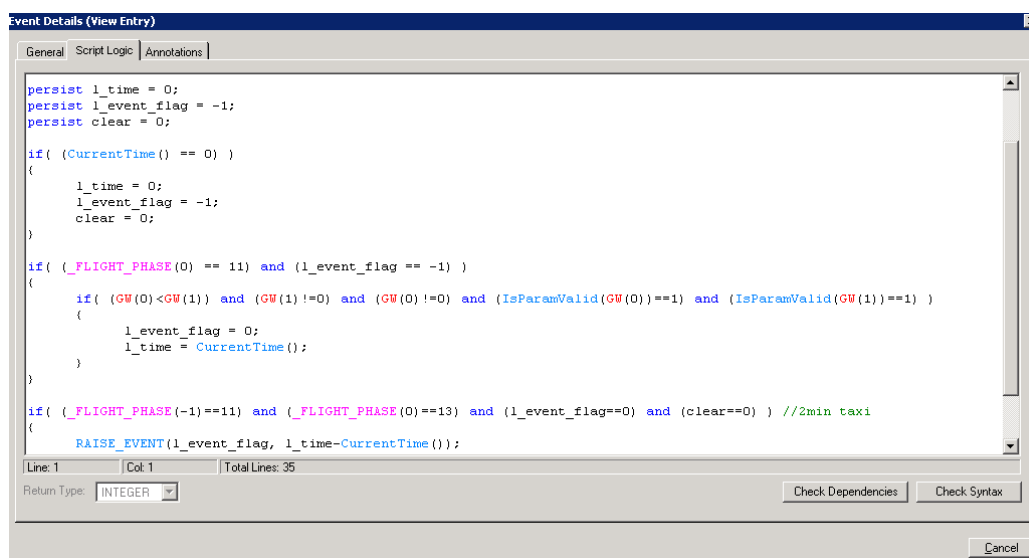


Figura 5.4. Script que retorna el pes de l'avió

Un cop hem aconseguit extreure la ruta, el combustible cremat i el temps de vol, s'inicia l'apartat on hem hagut de trobar quins son els vols que han sobrevolat durant el seu trajecte alguna zona de l'espai aeri amb FRA.

Hem recopilat en Excel les dades extretes dels diferents softwares per poder llegir des d'un sol fitxer tot el necessari. Un cop aconseguit aquest pas, utilitzant el software de programació MATLAB, i mitjançant un codi creat per nosaltres (Anex XX), hem analitzat tot el fitxer Excel i hem estat capaços de separar els vols que contenen algun DCT amb els que no i comparar aquests directes amb espais aeris FRA. Aquest darrer pas, ha estat possible gràcies a la col·laboració de la companyia, la qual ens ha proporcionat els punts FRA que sobrevolen les rutes operades per Vueling (figura 5.5).

Tot i que, a l'Annex A es poden trobar algunes de les taules Excel que s'han creat, en la Figura 5.6 es mostra una part del fitxer amb les dades, on es poden trobar dades com la data en que es va fer el vol; l'hora de sortida; el número de vol i la matrícula de l'aeronau, juntament amb la configuració d'aquesta; els aeroports de sortida i arribada; el combustible cremat i el d'enlairament; el temps de vol i la distància, així com la ruta volada.

FlightDate	ETD	FlightName-Airline	AC	Departure Air	Departure Arr	Departure AC	Departure Airline	TakeOff	Fuel	Enroute	Arrive	AC	Arrive Air
2018-06-010 00:10.000	2018-06-010 00:25.000	6390 EC-KH	320	BCN	BRU	LEBL	EBBR	4411	761	250	103	586	NO443F3730 KBAH15
2018-06-010 00:50.000	2018-06-010 01:05.000	3376 EC-LAI	320	JTR	FCD	LGSR	LFV	4462	804	250	115	697	NO443F38 MAXU46
2018-06-010 01:00.000	2018-06-010 01:15.000	2591 TH-TH	320	LED	BCU	LEBL	EBBR	4411	761	250	103	586	NO443F3730 KBAH15
2018-06-010 02:00.000	2018-06-010 02:15.000	7693 EC-MOK	320	LED	BCU	LEBL	EBBR	4411	761	250	103	586	NO443F3730 KBAH15
2018-06-010 02:00.000	2018-06-010 02:15.000	3376 EC-MVG	32A	FCD	JMK	LFV	LGFK	4517	6907	250	106	686	NO443F3730 KBAH15
2018-06-010 02:53.000	2018-06-010 03:08.000	7645 EC-LAL	320	BCN	BRU	LEBL	EBBR	4411	761	250	103	586	NO443F3730 KBAH15
2018-06-010 03:00.000	2018-06-010 03:15.000	6390 EC-KH	320	BRU	BCN	LEBL	EBBR	4411	761	250	103	586	NO443F3730 KBAH15
2018-06-010 03:30.000	2018-06-010 03:45.000	6348 EC-LGL	320	FCD	OLY	LFV	LLBG	7008	10507	250	174	1322	NO443F3730 KBAH15
2018-06-010 04:00.000	2018-06-010 04:15.000	8036 EC-LQM	320	BCN	OLY	LEBL	LFV	3552	6561	250	84	446	NO443F38 MAXU46
2018-06-010 04:00.000	2018-06-010 04:15.000	7558 EC-LQJ	320	BCN	OLY	LEBL	LFV	3552	6561	250	84	446	NO443F38 MAXU46
2018-06-010 04:00.000	2018-06-010 04:15.000	3306 EC-MWZ	320	FCD	LPZ	LFV	LEB	3508	6700	250	95	528	NO443F38 MAXU46
2018-06-010 04:00.000	2018-06-010 04:15.000	3001 EC-MWZ	32A	BCN	IBZ	LEBL	LGCP	6809	10020	250	168	176	NO443F38 MAXU46
2018-06-010 04:00.000	2018-06-010 04:15.000	2908 EC-MWZ	32A	AGP	IBZ	LEBL	LGCP	6809	10020	250	168	176	NO443F38 MAXU46
2018-06-010 04:50.000	2018-06-010 05:05.000	5564 EC-MXV	319	FLR	SFU	LIQ	LDSF	1744	5546	250	42	222	NO443F38 MAXU46
2018-06-010 05:00.000	2018-06-010 05:15.000	3354 EC-JYK	320	PMI	LEF	LEPA	LEV	1546	4296	250	36	143	NO443F38 MAXU46
2018-06-010 05:20.000	2018-06-010 05:35.000	8652 EC-LQJ	320	BCN	PRG	LEBL	KPR	4509	7829	250	118	734	NO443F38 MAXU46
2018-06-010 05:30.000	2018-06-010 05:45.000	3867 EC-LQJ	320	BCN	PRG	LEBL	KPR						
2018-06-010 06:00.000	2018-06-010 06:15.000	7396 EC-LQJ	320	ALC	LEAL	MAAG	1847	5502	250	45	204	NO443F38 MAXU46	
2018-06-010 06:30.000	2018-06-010 06:45.000	6003 EC-MGF	319	BCN	FLR	LEBL	LIQ	3136	6398	250	74	431	NO443F38 MAXU46
2018-06-010 06:30.000	2018-06-010 06:45.000	6003 EC-MGF	319	BCN	FLR	LEBL	LIQ	3136	6398	250	74	431	NO443F38 MAXU46
2018-06-010 06:30.000	2018-06-010 06:45.000	6003 EC-MGF	319	BCN	FLR	LEBL	LIQ	3136	6398	250	74	431	NO443F38 MAXU46
2018-06-010 06:30.000	2018-06-010 06:45.000	6003 EC-MGF	319	BCN	FLR	LEBL	LIQ	3136	6398	250	74	431	NO443F38 MAXU46
2018-06-010 06:30.000	2018-06-010 06:45.000	6003 EC-MGF	319	BCN	FLR	LEBL	LIQ	3136	6398	250	74	431	NO443F38 MAXU46
2018-06-010 06:30.000	2018-06-010 06:45.000	6003 EC-MGF	319	BCN	FLR	LEBL	LIQ	3136	6398	250	74	431	NO443F38 MAXU46
2018-06-010 06:30.000	2018-06-010 06:45.000	6003 EC-MGF	319	BCN	FLR	LEBL	LIQ	3136	6398	250	74	431	NO443F38 MAXU46
2018-06-010 06:30.000	2018-06-010 06:45.000	6003 EC-MGF	319	BCN	FLR	LEBL	LIQ	3136	6398	250	74	431	NO443F38 MAXU46
2018-06-010 06:30.000	2018-06-010 06:45.000	6003 EC-MGF	319	BCN	FLR	LEBL	LIQ	3136	6398	250	74	431	NO443F38 MAXU46
2018-06-010 06:30.000	2018-06-010 06:45.000	6003 EC-MGF	319	BCN	FLR	LEBL	LIQ	3136	6398	250	74	431	NO443F38 MAXU46
2018-06-010 06:30.000	2018-06-010 06:45.000	6003 EC-MGF	319	BCN	FLR	LEBL	LIQ	3136	6398	250	74	431	NO443F38 MAXU46
2018-06-010 06:30.000	2018-06-010 06:45.000	6003 EC-MGF	319	BCN	FLR	LEBL	LIQ	3136	6398	250	74	431	NO443F38 MAXU46
2018-06-010 06:30.000	2018-06-010 06:45.000	6003 EC-MGF	319	BCN	FLR	LEBL	LIQ	3136	6398	250	74	431	NO443F38 MAXU46
2018-06-010 06:30.000	2018-06-010 06:45.000	6003 EC-MGF	319	BCN	FLR	LEBL	LIQ	3136	6398	250	74	431	NO443F38 MAXU46
2018-06-010 06:30.000	2018-06-010 06:45.000	6003 EC-MGF	319	BCN	FLR	LEBL	LIQ	3136	6398	250	74	431	NO443F38 MAXU46
2018-06-010 06:30.000	2018-06-010 06:45.000	6003 EC-MGF	319	BCN	FLR	LEBL	LIQ	3136	6398	250	74	431	NO443F38 MAXU46
2018-06-010 06:30.000	2018-06-010 06:45.000	6003 EC-MGF	319	BCN	FLR	LEBL	LIQ	3136	6398	250	74	431	NO443F38 MAXU46
2018-06-010 06:30.000	2018-06-010 06:45.000	6003 EC-MGF	319	BCN	FLR	LEBL	LIQ	3136	6398	250	74	431	NO443F38 MAXU46
2018-06-010 06:30.000	2018-06-010 06:45.000	6003 EC-MGF	319	BCN	FLR	LEBL	LIQ	3136	6398	250	74	431	NO443F38 MAXU46
2018-06-010 06:30.000	2018-06-010 06:45.000	6003 EC-MGF	319	BCN	FLR	LEBL	LIQ	3136	6398	250	74	431	NO443F38 MAXU46
2018-06-010 06:30.000	2018-06-010 06:45.000	6003 EC-MGF	319	BCN	FLR	LEBL	LIQ	3136	6398	250	74	431	NO443F38 MAXU46
2018-06-010 06:30.000	2018-06-010 06:45.000	6003 EC-MGF	319	BCN	FLR	LEBL	LIQ	3136	6398	250	74	431	NO443F38 MAXU46
2018-06-010 06:30.000	2018-06-010 06:45.000	6003 EC-MGF	319	BCN	FLR	LEBL	LIQ	3136	6398	250	74	431	NO443F38 MAXU46
2018-06-010 06:30.000	2018-06-010 06:45.000	6003 EC-MGF	319	BCN	FLR	LEBL	LIQ	3136	6398	250	74	431	NO443F38 MAXU46
2018-06-010 06:30.000	2018-06-010 06:45.000	6003 EC-MGF	319	BCN	FLR	LEBL	LIQ	3136	6398	250	74	431	NO443F38 MAXU46
2018-06-010 06:30.000	2018-06-010 06:45.000	6003 EC-MGF	319	BCN	FLR	LEBL	LIQ	3136	6398	250	74	431	NO443F38 MAXU46
2018-06-010 06:30.000	2018-06-010 06:45.000	6003 EC-MGF	319	BCN	FLR	LEBL	LIQ	3136	6398	250	74	431	NO443F38 MAXU46
2018-06-010 06:30.000	2018-06-010 06:45.000	6003 EC-MGF	319	BCN	FLR	LEBL	LIQ	3136	6398	250	74	431	NO443F38 MAXU46
2018-06-010 06:30.000	2018-06-010 06:45.000	6003 EC-MGF	319	BCN	FLR	LEBL	LIQ	3136	6398	250	74	431	NO443F38 MAXU46
2018-06-010 06:30.000	2018-06-010 06:45.000	6003 EC-MGF	319	BCN	FLR	LEBL	LIQ	3136	6398	250	74	431	NO443F38 MAXU46
2018-06-010 06:30.000	2018-06-010 06:45.000	6003 EC-MGF	319	BCN	FLR	LEBL	LIQ	3136	6398	250	74	431	NO443F38 MAXU46
2018-06-010 06:30.000	2018-06-010 06:45.000	6003 EC-MGF	319	BCN	FLR	LEBL	LIQ	3136	6398	250	74	431	NO443F38 MAXU46
2018-06-010 06:30.000	2018-06-010 06:45.000	6003 EC-MGF	319	BCN	FLR	LEBL	LIQ	3136	6398	250	74	431	NO443F38 MAXU46
2018-06-010 06:30.000	2018-06-010 06:45.000	6003 EC-MGF	319	BCN									

Figura 5.5. Part del fitxer Excel amb totes les dades

Flow Routing Element Type	Flow Routing Element Id From	Flow Routing Element Id To	Flow Routing Element Id	Lower Vertical Limit	Upper Vertical Limit	FRA Point Typ
DCT	NIKDA	ABERU	NULL	325	660	NA
DCT	SONAL	ABERU	NULL	325	660	NA
DCT	TEKNO	ABETI	NULL	030	075	NA
DCT	GIKOG	ABGUS	NULL	245	660	NA
DCT	AKULO	ABROK	NULL	275	660	NA
DCT	DORER	ABROK	NULL	275	660	NA
DCT	TIPNI	ADBAL	NULL	305	999	NA
DCT	VAROB	ADENU	NULL	275	315	NA
DCT	VAROB	ADENU	NULL	315	660	NA
DCT	BOMBI	ADKUV	NULL	245	660	NA
DCT	OKG	ADKUV	NULL	295	315	NA
DCT	RENKA	ADKUV	NULL	295	315	NA
DCT	SUBEN	ADKUV	NULL	295	315	NA
DCT	LABIN	ADORU	NULL	325	660	NA
DCT	LABIN	ADORU	NULL	325	660	NA
DCT	LABIN	ADORU	NULL	175	205	NA
DCT	SODRO	ADUKI	NULL	285	315	NA
DCT	UMTEX	AKABI	NULL	245	315	NA
DCT	DEXIT	AKOSI	NULL	245	315	NA
DCT	DEXIT	AKOSI	NULL	245	315	NA
DCT	LARET	AKOSI	NULL	325	660	NA
DCT	ABGUS	ALOSO	NULL	285	315	NA
DCT	ABGUS	ALOSO	NULL	315	660	NA
DCT	ABSAG	ALUKA	NULL	245	285	NA
DCT	ERSIL	ALUKA	NULL	345	660	NA
DCT	ERSIL	ALUKA	NULL	345	660	NA
DCT	ABERU	ALUTU	NULL	345	660	NA
DCT	ABERU	ALUTU	NULL	345	660	NA
DCT	EMBOX	ALUTU	NULL	325	660	NA
DCT	EMBOX	ALUTU	NULL	325	660	NA
DCT	TABAT	ALUTU	NULL	345	660	NA

Figura 5.6. Part del fitxer Excel proporcionat per la companyia on apareixen els punts d'entrada i sortida d'espais aeris FRA

Un cop finalitzat aquest apartat del treball comencem a realitzar els estudis i anàlisis pertinents per poder arribar a unes conclusions i comparar-les amb les nostres hipòtesis anteriorment esmentades.

CAPÍTOL 6. RESULTATS

A partir de les dades obtingudes realitzarem una sèrie d'estudis i analitzarem des de diferents perspectives temporals aquests resultats. D'una banda, ens centrarem en l'actualitat i veurem com s'aprofita i quins beneficis s'extreuen del FRA actual, els beneficis relacionats amb estalvi de combustible i la reducció de temps de vol de la companyia Vueling. D'una altra banda, parlarem del futur i de com pot arribar a canviar i millorar l'operativa diària dins de la companyia amb la implementació del FRA en espai aeri espanyol i sense cap restricció horària.

Abans de realitzar l'anàlisi cal tenir en compte que al llarg d'aquest només s'ha comparat aquells vols que s'han vist afectats per sobrevolar un espai aeri considerat en aquell moment FRA amb aquells vols que no han rebut cap tipus de retall al llarg del seu trajecte. Això vol dir que tots aquells vols que han tingut algun DCT entre *waypoints*, però aquests no eren part d'espai FRA, han estat eliminats de la memòria. Això és principalment degut a que ens centrem en estudiar el cas més favorable amb el cas més restrictiu, doncs el futur de l'aviació a Europa va encaminat a una sobre utilització d'espai aeri on rebre DCT en espais aeris no considerats FRA pot arribar a ser un fet molt aïllat.

Estudiarem els resultats des de els següents punts de vista:

- 6.1 Valors generals obtinguts.
- 6.2 Combustible estalviat per les rutes operades dins del FRA.
- 6.3 Temps de vol estalviat per les rutes operades dins del FRA.
- 6.4 Utilització de FRA per hores.
- 6.5 Utilització de FRA per espai aeri.
 - 7.5.1 Rutes amb origen a Espanya
 - 7.5.2 Rutes amb origen a l'estranger.

6.1. Valors generals obtinguts

Hi ha 3.070 vols utilitzant espai FRA, fet que equival a un 7,20% del total de rutes operades al llarg dels dos mesos estudiats.

6.2. Combustible estalviat per les rutes operades dins del FRA

Per realitzar un càlcul estimat del percentatge de combustible estalviat al llarg dels darrers dos mesos, hem analitzat les dades obtingudes en funció de les diferents configuracions d'avions que té la companyia. Així doncs, a continuació, presentarem valors de combustible i rutes operades amb FRA per avions A319, A320&A32A i A321. Hem agrupat les dues configuracions d'A320 i A32A* ja que la diferència en quant al pes de l'aeronau i les seves dimensions es pot considerar igual, com es pot veure a l'Annex C.

6.2.1. Combustible estalviat per les rutes operades amb FRA – A319

La Taula 6.1 ens mostra les 21 rutes operades per un Airbus A319 que al llarg del període estudiat han fet ús en algun moment de FRA. També apareix el total de vols operats per cada una de les rutes, de manera que podem observar que tenim un 29,25% de vols omplint FRA dins d'aquests orígens-destins. El percentatge real de rutes operant FRA es de 19,26% , tal i com es mostra a la Taula 6 .1

Taula 6.1. Vols operats per A319 en total i en FRA

	FRA	Total	%
EGGW-LIRQ	16	26	61,54%
EGKK-LIRQ	13	71	18,31%
EHAM-LIRQ	1	44	2,27%
EKCH-LIRQ	17	18	94,44%
LCLK-LEBL	4	4	100,00%
LDSP-LEBL	1	1	100,00%
LEBL-EDDV	7	39	17,95%
LEBL-LHBP	1	2	50,00%
LEMD-LIRQ	5	33	15,15%
LEPA-LIRQ	13	17	76,47%
LGSR-LEBL	9	9	100,00%
LGTS-LEBL	5	5	100,00%
LICC-LIRQ	52	61	85,25%
LIRN-LEBL	1	1	100,00%
LIRP-LEBL	1	2	50,00%
LIRQ-EGGW	4	26	15,38%
LIRQ-EHAM	13	43	30,23%
LIRQ-EKCH	17	18	94,44%
LIRQ-LEBL	6	134	4,48%
LIRQ-LFPO	4	82	4,88%
LIRQ-LGSR	1	17	5,88%
Total	191	653	29,25%

Com a dada a tenir en compte, la companyia Vueling fa servir aquesta modalitat d'aeronau per realitzar vols a aquells aeroports que presenten un LDA³¹ < 2500 i, en conseqüència, una disminució del pes de l'avió facilita l'operativa. Així doncs, un cop entès aquest fet i sabent que el 55% dels vols operats per un Airbus A319 es realitzen amb origen o destí LIRQ (Florència) , no és d'estranyar que la gran majoria dels vols que contenen FRA en aquest tipus de configuració pertanyin a vols amb aquest origen o destí.

³¹ LDA: Landing Distance Available

Al llarg del temps avaluat tenim 2054 vols realitzats per A319, per tant, el percentatge real d'ús de FRA per aquest tipus d'avió es d'un 9,29%. La Taula 6.2 mostra els resultats explicats anteriorment:

Taula 6.2. Valors de rutes, vols operats i % (A319)

	FRA	Total	%
Rutes	21	109	19'26%
Vols operats	191	2054	9'29%

A la Taula 6.3 mostrem valors d'operativa del A319 dins del territori espanyol (en aquesta Taula no tenim en compte el FRA).

Taula 6.3. Valors de rutes, vols operats i % (A319) a Espanya sense comptar FRA

	Total Espanya	Total	%
Rutes	25	109	22'93%
Vols operats	443	2054	21'56%

Pel que fa a l'estalvi econòmic que presenta aquesta configuració veiem els resultats a la Figura 6.1:

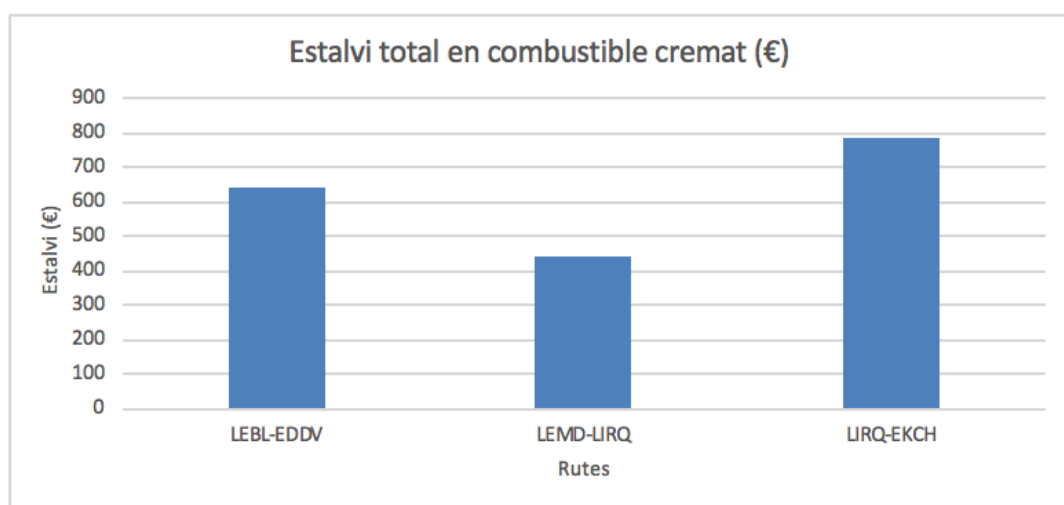


Figura 6.1. Estalvi en combustible cremat (€)

De les 21 rutes esmentades amb anterioritat, aquest figura ens mostra les tres rutes que presenten algun estalvi econòmic. Un total de 3.020kg de combustible estalviat generen uns guanys de 1.869€, tal i com es mostra a la figura 6.4. Veure la Taula excel a l'Annex A.1.

Taula 6.4. Combustible estalviat i guanys

	Estalvis
Combustible (KG)	3020 kg
Combustible (€)	1.869 €

6.2.2. Combustible estalviat per les rutes operades amb FRA – A320 & A32A

Gairebé el 82% dels avions de la companyia Vueling pertanyen a aquest grup. Es tracta, doncs, de la configuració més rellevant dins de la companyia. Els resultats obtinguts per aquest cas ens mostren unes 123 rutes operades en les quals s'utilitza FRA, amb un total de 2696 vols. Si realitzem la comparació amb el total de vols operats per avions A320 i A32A obtenim els percentatges de la Taula 6.5:

Taula 6.5. Resultats A320 & A32A

	FRA	Total	%
Rutes	123	684	17'98%
Vols operats	2696	35317	7'63%

Com es veu a la Taula 6.5, el 7,63% dels vols operats amb aquesta configuració presenten ús de FRA. S'observa, doncs, que el percentatge ha decaigut quasi un 2% en comparació amb els avions A319.

Com bé sabem, gran part de la flota i, per tant, la gran majoria d'avions amb aquesta configuració realitzen vols dins de la península espanyola. Així doncs, aquesta davallada és en gran part causada per la utilització d'aquest tipus d'avions per sobrevolar espai aeri espanyol, on actualment no existeix FRA. Així ho demostra la Taula 6.6 en xifres:

Taula 6.6. Comparativa A320 & A32A vols totals i vols totals operats en espai aeri espanyol

	Total Espanya	Total	%
Rutes	182	684	18'71%
Vols operats	14286	35317	40'45%

Com podem observar, tot i que el percentatge de rutes és prou semblant en comparació amb els valors obtinguts per la configuració A319, el percentatge de vols operats dins de l'espai aeri espanyol s'ha duplicat. De tal manera que tot i tractar-se del 82% de la flota de la companyia, aquest fet repercuteix en la disminució de percentatge de vols utilitzant FRA.

Pel que fa a l'estudi a nivell econòmic, l'Annex A.2 mostra la Taula on apareixen tots els guanys que s'obtenen en funció de la ruta, i la Figura 6.2 presenta totes aquelles rutes que generen uns estalvis econòmics per sobre de 10.000€ al llarg dels 2 mesos estudiats.

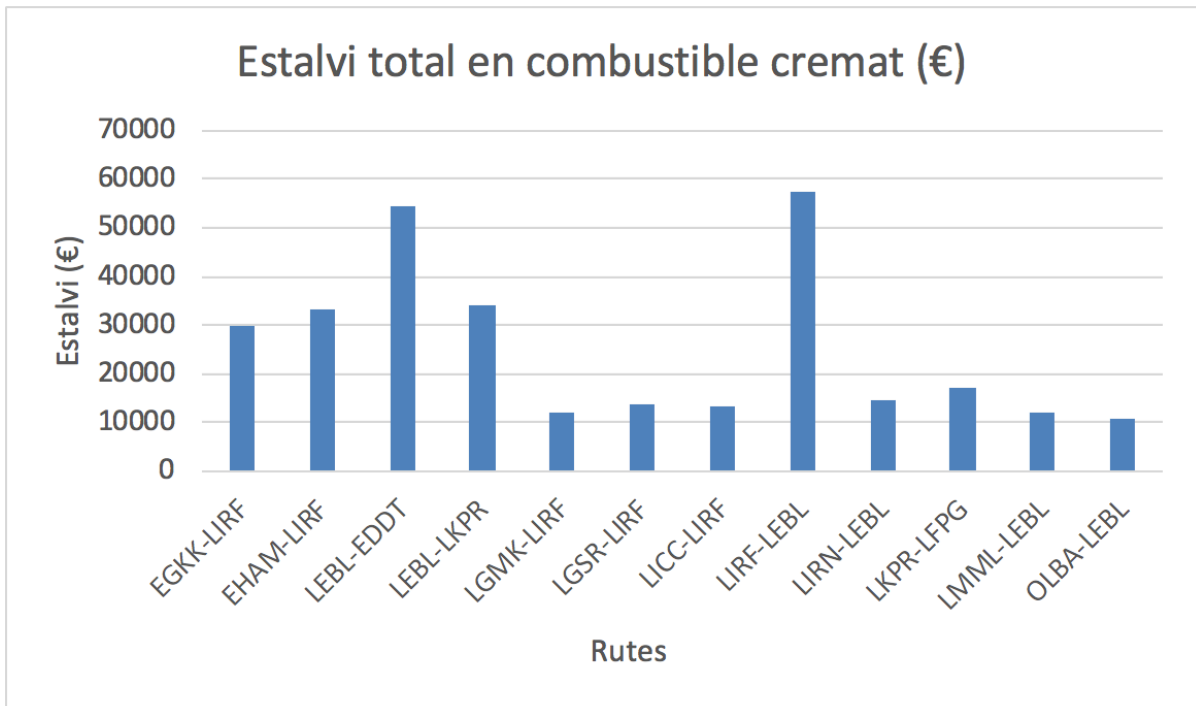


Figura 6.2. Rutes que han generat uns estalvis econòmics majors a 10.000€

Ens adonem que la gran majoria de rutes que generen més estalvi a nivell de combustible es troben en zones del BLUE MED FAB, on està completament implementat el *free route* i a Alemanya. Aquestes rutes, engloben en gran part els països d'Itàlia per una banda i de França, Alemanya, Holanda i República Checa per l'altra. Així doncs, podem extraure que la gran majoria de rutes que

sobrevolen aquests països obtenen un gran benefici a nivell d'estalvi de combustible.

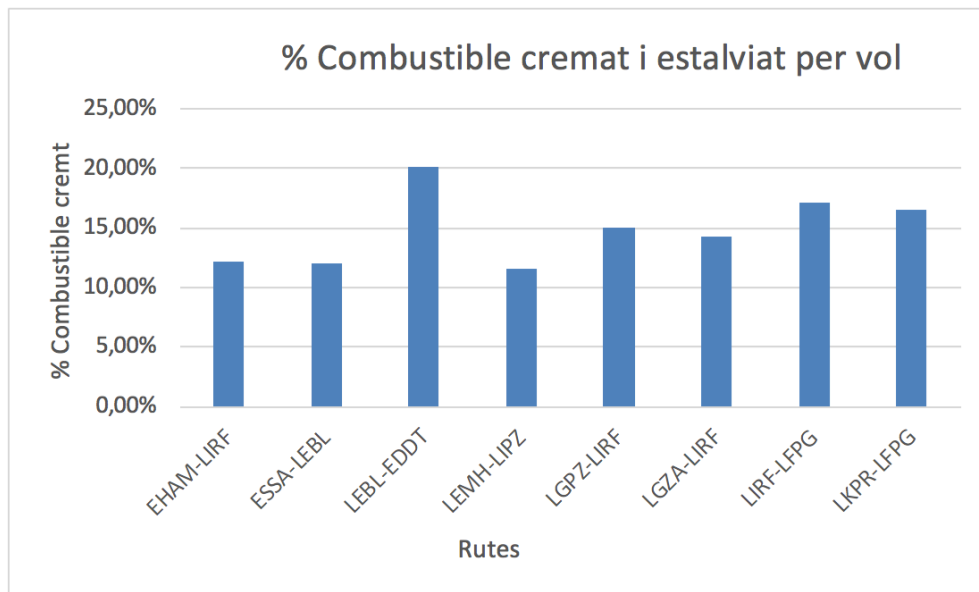


Figura 6.3. Les 8 rutes que generen un >10% d'estalvi de combustible per vol

La Figura 6.3 fa referencia a les 8 rutes que generen més d'un 10% d'estalvi de combustible per vol operat entre aquestes ciutats.

D'altra banda la Figura 6.4 mostra quines són les 10 rutes que més guanys generen per nombre de vols totals i quin percentatge de vols amb FRA tenen.

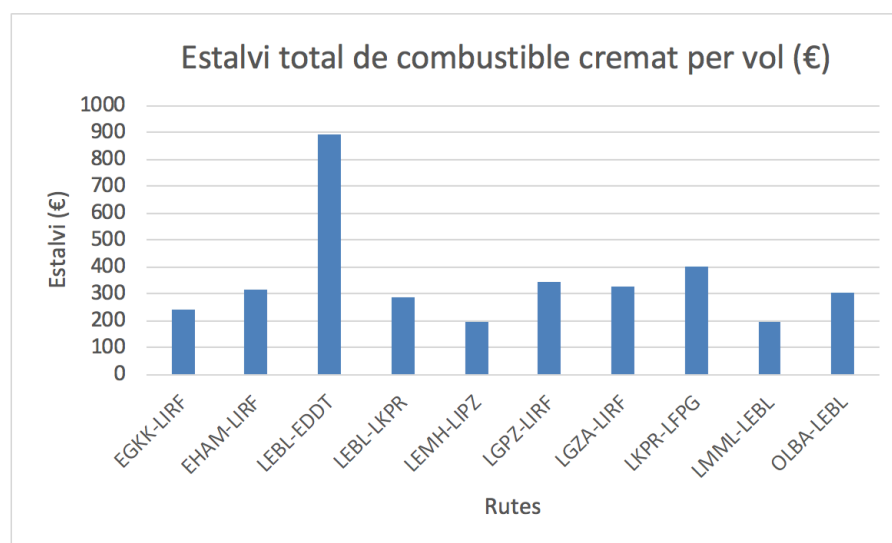


Figura 6.4. Estalvi total de combustible cremat per vol en € en A320&A32A

La figura 6.5 ens mostra que la ruta més eficient en quant a l'estalvi de combustible és LEBL-EDDT, que genera uns guanys de quasi 900€ per vol.

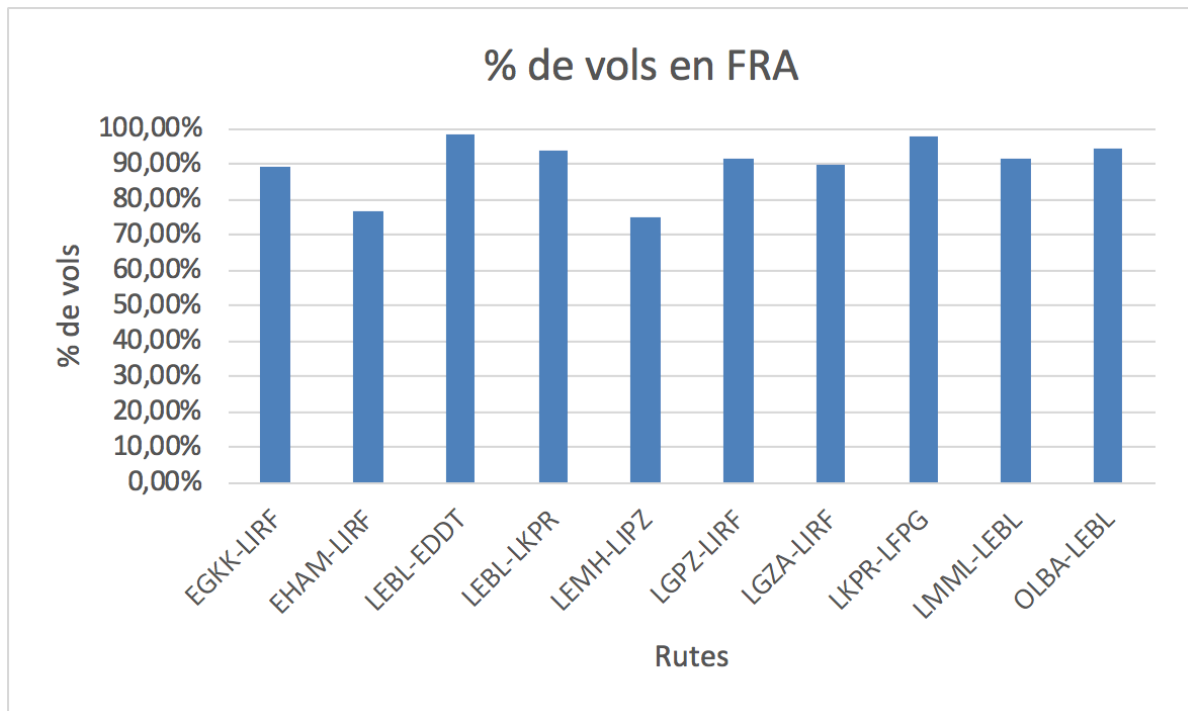


Figura 6.5. Percentatge FRA respecte total de vols operats en aquestes rutes

Observem que aquestes rutes que generen més estalvi per vol realitzat són també algunes de les rutes que tenen un percentatge més elevat, quasi del 100% en alguns casos, entre vols realitzats i vols empenant FRA.

Finalment, pel que fa a la configuració A320 & A32A, a la Taula 6.7 veiem que tindriem un estalvi total de combustible d'uns 601.875 kg que generen un estalvi econòmic al llarg dels 2 mesos de 372.421 €.

Taula 6.7. Combustible estalviat i guanys

	Estalvis
Combustible (KG)	601.875 kg
Combustible (€)	372.421 €

6.2.3. Combustible estalviat per les rutes operades amb FRA – A321

Tal i com hem estudiat en el cas de la primera configuració, pel que fa als A321 la Taula 6.8 ens mostra els 19 orígens-destins que han utilitzat FRA comparat amb el total de vols realitzats per aquesta configuració en aquestes rutes.

Taula 6.8. Vols operats per A321 en total i en FRA

	FRA	Total	%
EETN-LEBL	1	1	100,00%
LDDU-LEBL	1	1	100,00%
LDSP-LEBL	3	3	100,00%
LEBL-EDDH	1	1	100,00%
LEBL-EETN	1	1	100,00%
LEBL-EKCH	14	55	25,45%
LEBL-LHBP	1	1	100,00%
LEBL-ULLI	2	2	100,00%
LFPO-LIRF	1	56	1,79%
LGAV-LEBL	64	65	98,46%
LIBD-LEBL	19	20	95,00%
LICC-LEBL	5	5	100,00%
LICJ-LEBL	5	5	100,00%
LIEE-LEBL	1	1	100,00%
LIRF-LEBL	53	54	98,15%
LIRN-LEBL	1	1	100,00%
LLBG-LEBL	1	1	100,00%
LOWW-LEBL	1	54	1,85%
OLBA-LEBL	8	8	100,00%
Total	183	337	54,30%

Un cop valorats els resultats obtinguts per aquest tipus d'avió, observem que gairebé el 55% dels vols al llarg d'aquests trajectes han fet ús d'algun FRA, un 25% més que el cas per la configuració dels A319. Així doncs, segons les dades obtingudes, 1 de cada 2 cops que volem amb un A321 al llarg d'alguna d'aquestes rutes ens beneficiem de FRA.

La Taula 6.9, ens presenta els resultats generals sobre el total de vols i rutes realitzades per avions A321.

Taula 6.9. Vols operats per A321 en total i en FRA

	FRA	Total	%
Rutes	19	162	11'73%
Vols operats	183	5293	3'46%

Tot i que aquesta configuració és 3 vegades major que els avions A319, observem que aquests percentatges són els més baixos de tota la flota. Tan sols el 3,46% dels vols operats amb A321 fan servir en algun moment FRA.

Pel que fa a l'àmbit econòmic, la Figura 6.6 mostra les 3 rutes on s'han pogut comparar els beneficis d'operar amb FRA o sense.

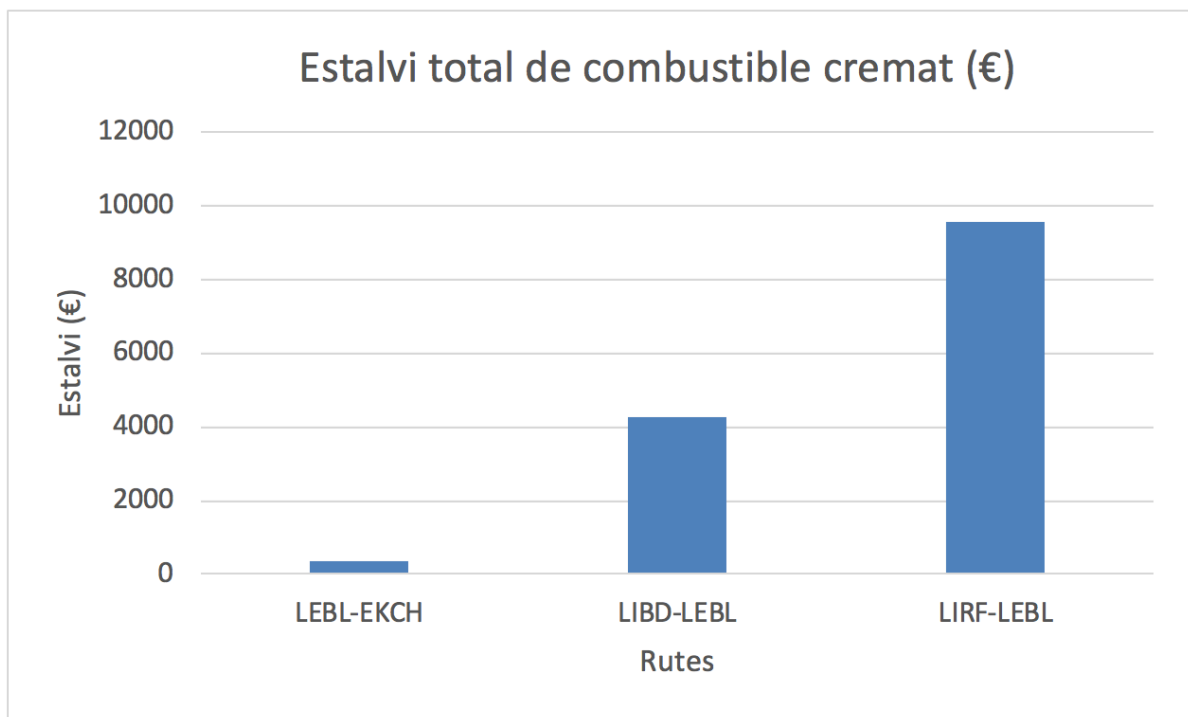


Figura 6.6. Estalvis en combustible cremat (€) A321

Com podem apreciar, pel cas dels A321, només aquestes 3 rutes presenten algun estalvi econòmic a l'hora de realitzar les comparacions entre rutes amb FRA i no.

S'observa que de les 19 rutes operades amb FRA, l'operada entre Fiumicino i Barcelona és la que genera un estalvi a nivell de combustible més rellevant. Durant els últims dos mesos, aquesta ruta operada amb A321 ha tingut uns guanys de gairebé 9.600 €. Tenint en compte que, segons la Taula 6.8, el total de vols realitzats per aquest trajecte és de 53, el guany normalitzat per vol operat és d'uns 180€, aquest resultat està resumit a la Taula 6.10.

Taula 6.10. Total d'estalvis i estalvi/vol en el vol LIRF-LEBL

	Total estalvis (€)	Estalvis/vol(FRA) (€)
LIRF - LEBL	9542 €	180 €

Finalment, pel que fa a la configuració A321, a la Taula 6.11 veiem que tindríem un estalvi total de combustible d'uns 22.837 kg que generen un estalvi econòmic al llarg dels 2 mesos de 14.131 €.

Taula 6.11. Combustible estalviat i guanys

	Estalvis
Combustible (KG)	22.837 kg
Combustible (€)	14.131 €

6.3. Temps de vol estalviat per les rutes operades dins del FRA

Un cop estudiat en profunditat la variable de combustible, en aquest apartat tractarem del temps de vol estalviat gràcies a l'ús d'espais aeris *free route*.

Aquest apartat del projecte ha estat realitzat sense fer separació de configuracions d'aeronaus. No ha estat necessari, ja que el temps de vol es pot considerar independent del tipus d'aeronau. Totes tenen unes velocitats semblants i el que pot arribar a variar és simplement el fet de l'eficiència aerodinàmica, el nombre de passatgers a transportar, el sostre operacional, etc..

Així doncs, mitjançant la Taula que de l'Annex B, hem obtingut la figura 6.6 amb aquelles rutes que experimenten, amb la implementació del FRA, una reducció mitjana de més de 10 minuts per vol.

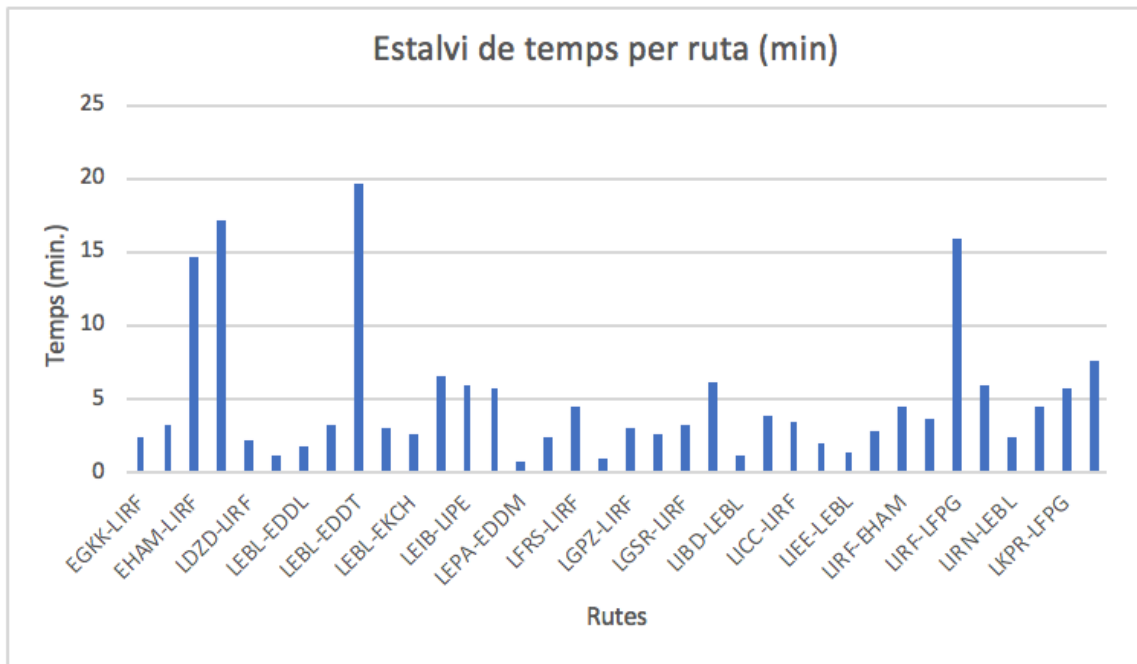


Figura 6.7. Temps en ruta estalviat

En la Figura 6.7 apareixen aquelles rutes que es beneficien de FRA en quant a temps de vol estalviat, 18 rutes que suposen el 2,4% del total.

Tenint present que les rutes de Vueling tenen una mitjana de temps de vol de 110 minuts i tenint en compte les 736 rutes operades per la companyia en el període de temps estudiat, només un 1,5% de les rutes estalvien més de 5 minuts en el seu temps de vol i tan sols hi ha 4 rutes afavorides en quant a un estalvi de temps superior als 10 minuts, un 0,54% del global.

Totes aquestes dades ens indiquen que la utilització de FRA és molt més rentable en l'aspecte de combustible que en temps de vol estalviat.

Si comparem els resultats obtinguts en els orígens i destins d'aquest apartat, amb els obtinguts pel que fa a la variable de combustible del punt anterior, ens adonem que tots 4 trajectes són rutes que tan sols s'han vist afavorides per vols utilitzant FRA amb la configuració A320 & A32A. No obstant això, pel que fa a aquesta configuració són vols que també tenen molt guanys en quant a estalvi de combustible.

La Taula 6.12, agrupa l'estalvi de les dues variables pel que fa a aquestes rutes i per vol operat amb FRA.

Taula 6.12. Estalvi de temps i combustible per ruta

Rutes	Vols totals operats	Temps estalviat (min/vol)	Combustible estalviat (%/vol)	Total combustible estalviat (€)
EHAM - LIRF	104	15 min	12'22%	33.095 €
ESSA – LEBL	71	17 min	12'07%	8.896€
LEBL - EDDT	61	20 min	20'15%	54.422 €
LIRF - LFPG	43	16 min	17'06%	2.815 €

Així doncs, aquestes rutes no són tan sols rentables pel temps que estalvien quan són operades en espais aeris *free route*, sinó que també generen guanys molt importants pel que fa al consum.

La suma total de guanys de combustible estalviat arriba fins als 100.000€, fet que implica que només aquests trajectes generen el 25% dels estalvis totals. Així mateix hem d'afegir-hi que simplement representen el 0,65% del total de rutes operades.

Concloem doncs que:

- Intentar en un futur operar més vegades aquests trajectes representaria un benefici molt elevat per a Vueling.
- La variable temps no és tant avantatjosa com la variable combustible.

6.4. Utilització de FRA per hores

En aquest apartat del projecte presentarem els valors obtinguts, un cop realitzat l'estudi de la utilització d'espai aeri FRA, en funció de les hores del dia. Tal i com hem comentat en apartats anteriors, sabem que en l'actualitat, la gran majoria dels vols que es veuen afavorits pel *free route* són vols operats entre les 22:00 i les 06:00 hores, condicionats perquè en aquell interval horari es troben més zones FRA operatives; ja que els països que no han fet una total implementació de FRA es troben en procés, i el FRA en aquests casos es en la franja nocturna.

Abans de presentar els valors obtinguts, farem un cop d'ull a la relació que pot tenir la distància entre l'aeroport d'origen i el de destí pel que fa a la utilització del FRA per hores.

Si els vols de llargues distàncies són els que poden estar més involucrats i treure un major benefici en la utilització de FRA, i si el *free route* és més operatiu durant les hores esmentades, seria interessant que qualsevol companyia aèria organitzés la seva operativa, en el cas de existir la possibilitat, de manera que

aquests vols de distàncies més elevades tinguessin lloc durant les 22:00 i les 06:00 hores.

La Figura 6.8 ens mostra la mitjana de distància de vol que té cada una d'aquestes hores del dia pel que fa a l'operativa emprada per Vueling.

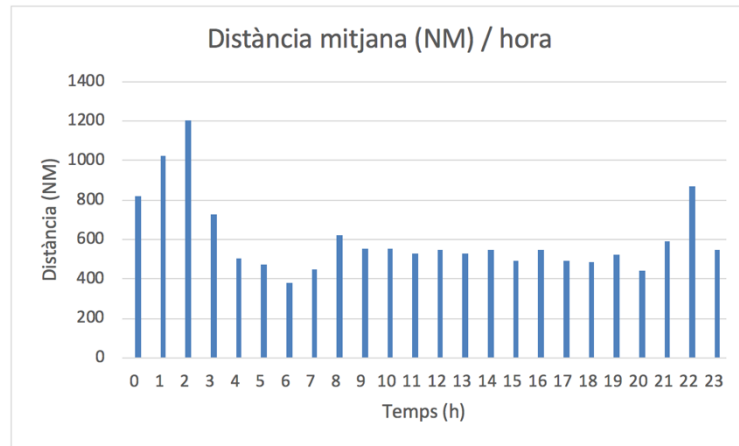


Figura 6.8. Distància mitjana per hora

Observem, doncs, que la línia aèria realitza els seus vols de grans distàncies durant l'interval horari més actiu de FRA. Així obté un alt rendiment pel que fa a trajectes llargs.

Un cop introduït el tema de la distància dins de l'àmbit d'estudi, podem analitzar el percentatge de FRA en funció de les hores del dia.

A l'Annex B podreu trobar la taula Excel d'on s'han extret els valors per a la creació de la Figura 6.9.

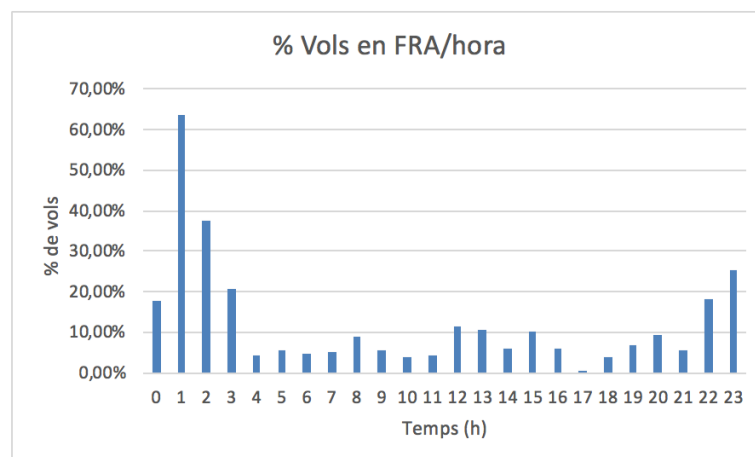


Figura 6.9. Percentatge de FRA per hores

Clarament, observant la Figura 6.9, es pot extreure que al llarg del dia, la utilització de FRA es gairebé inexistent, en molts dels casos per sota del 10%, tot el contrari que de matinada, on els percentatges dels horaris compresos entre les 22:00 i les 04:00 hores poden arribar al 65%, com en el cas de les 02:00 hores.

Pel que fa a Vueling, tot i ser una línia aèria de baix cost, tan sols opera un 4%³² dels seus vols en aquell interval horari, i pel que hem vist a l'apartat anterior, el fet d'operar d'aquesta manera genera uns estalvis de quasi 400.000 €. Per tant, un petit canvi dins de la operativa podria arribar a generar guanys de l'ordre de milions.

Sabem que del total de 3070 vols amb FRA, 454 d'ells són entre les 22:00 i les 04:00 hores. Això equival a un 15% del vols (FRA).

Realitzant un seguit d'operacions, arribem a la conclusió que si el 15% dels vols amb FRA generà uns estalvis propers als 60.000 € i aquests estan inclosos dins del 4% dels vols totals operats, cada 1% de vols realitzats entre les 22:00 i les 04:00 hores genera uns 15.000 € de benefici cada dos mesos. Aquests resultats ens permeten concloure que el fet d'incrementar tan sols un petit percentatge els vols durant aquest interval horari tindria una repercussió econòmica molt elevada.

6.5. Utilització de FRA per espai aeri

Un cop estudiat el cas d'utilització de FRA en funció de l'hora del dia, en aquest apartat ens centrarem en, d'una banda en valorar on es situen alguns dels punts FRA d'entrada i sortida que han sobrevolat els avions de la companyia Vueling al llarg d'aquests dos mesos; i d'altra banda quins són els trajectes entre aquests WP més utilitzats.

Recordarem, primer, la figura 19, mostrada anteriorment on es podien observar quins són els espais FRA que es troben operatius en l'actualitat dins del territori europeu.

Com hem comentat amb anterioritat, mitjançant els programes WSI Fusion (que ens ha facilitat cada un dels WP sobrevolats al llarg de totes les rutes) i Matlab³³, hem aconseguit trobar aquells vols que utilitzaven directes i quins d'ells coincidien amb directes FRA per més endavant poder separar aquests trajectes i avaluar-los.

El fitxer Excel creat amb els vols involucrats amb FRA no proporciona tan sols dades de cara a realitzar l'estudi de fuel i de temps de vol, sinó que també ens retorna quins han estat els FRA WP utilitzats en aquell vol. Així doncs la fulla d'Excel amb les dades té la següent forma:

³² Valor obtingut dels excels

³³ A l'Annex D s'hi trova el codi

Route	FlightDate	Time	ETD	Reg	AC	Origin	Destination	Engine Type	BurnFuel	EnrouteTime	Distance	Directs	WP 1	WP 2	WP 3	WP 4	WP 5	WP 6
LGSR-LIRF	43252	0,03472	0,04514	EC-LQK	320	LGSR	LIRF	IAE V2500	4462	115	697	1	SIPRO	LAT				
LGSR-LEBL	43252	0,04167	0,09375	EC-JTQ	320	LGSR	LEBL	CFM56-5B4/P	8192	181	1131	1	EPIKU	GINOX				
LLBG-LEBL	43252	0,09028	0,12153	EC-LLJ	320	LLBG	LEBL	CFM56-5B4/3	10827	253	1666	1	EPIKU	GINOX				
LEBL-LKPR	43252	0,18403	0,19444	EC-LQZ	320	LEBL	LKPR	IAE V2500	4950	118	734	1	TAGIP	BRENO				
LGMK-LIRF	43252	0,20139	0,21181	EC-MXG	32A	LGMK	LIRF	IAE V2500-A5	4227	118	660	2	ESODU	ASPIR	ASPIR	MOPUV		
EHAM-LIRF	43252	0,20833	0,36181	EC-LVX	320	EHAM	LIRF	CFM56-5B4/3	5143	120	701	1	GAVRA	RITEB				
LIRF-LEBL	43252	0,21181	0,22222	EC-MBY	320	LIRF	LEBL	CFM56-5B4/3	3635	83	458	1	EPIKU	GINOX				
LEBL-EDDM	43252	0,21528	0,22569	EC-HQJ	320	LEBL	EDDM	CFM56-5B4/P	4531	102	592	1	TAGIP	GUNGO				
LIRF-LEBL	43252	0,32639	0,33681	EC-MBD	320	LIRF	LEBL	CFM56-5B4/3	3737	83	458	1	EPIKU	GINOX				
LIRN-LEBL	43252	0,35069	0,36111	EC-MAH	320	LIRN	LEBL	CFM56-5B4/3	4167	98	553	1	EPIKU	GINOX				
LOWW-LIRF	43252	0,35764	0,36806	EC-LQK	320	LOWW	LIRF	IAE V2500	3321	79	421	3	RUPET	GRZ	UNUMU	ETPOK	ETPOK	RITEB
LIRF-LEBL	43252	0,375	0,38542	EC-LZZ	320	LIRF	LEBL	CFM56-5B4/P	3244	85	458	1	EPIKU	GINOX				
LEBL-EDDT	43252	0,39931	0,41319	EC-LRY	320	LEBL	EDDT	IAE V2500	6012	134	816	1	LOKTA	TIKNI				
LDU-LIRF	43252	0,40625	0,41667	EC-MXG	32A	LDU	LIRF	IAE V2500-A5	2435	58	272	2	ESODU	ASPIR	ASPIR	MOPUV		
LEBB-EDDT	43252	0,40625	0,41667	EC-MEA	320	LEBB	EDDT	IAE V2527-A5	5573	141	854	2	LUTAX	NVO	NVO	BATEL		
LEBL-ESSA	43252	0,41319	0,42361	EC-MAO	320	LEBL	ESSA	CFM56-5B4/3	7796	189	1251	2	LOKTA	TIKNI	KENIG	OKAGA		
EFHK-LEBL	43252	0,43056	0,44097	EC-MYC	32A	EFHK	LEBL	IAE V2500-A5	8232	216	1420	1	PESEL	ODEGU				
LOWW-LEPA	43252	0,4375	0,44792	EC-JYX	320	LOWW	LEPA	CFM56-5B4/P	5324	124	788	1	DE TSA	PIDAD				

Figura 6.10. Taula excel amb dades per l'estudi

Com podem observar en la Figura 6.10, les últimes columnes contenen el nom dels WP entre els quals es sobrevola espai *free route*.

De nou gràcies al software Matlab, amb les coordenades extremitats de diferents bases de dades i projectant-les sobre un mapa europeu, hem estat capaços de situar aquests punts i així poder valorar les zones FRA utilitzades.



Figura 6.11. Representació de ruta FRA

A la Figura 6.11 es veu gràficament que la zona on es situen tots els WP FRA es troba majoritàriament sobre els països d'Alemania, Àustria, República Txeca, Polònia i algunes parts d'Itàlia.

Com s'ha explicat en l'apartat 4, gairebé tot Europa està ja implementat, a falta de països com Espanya, França i Regne Unit, en la figura ho veiem clar, ja que en aquests països no s'hi veu cap *waypoint* representat. En la figura 38 podem veure aquesta correspondència, ja que tots els *waypoints* es troben al nord-est d'Europa, sobretot entre el FAB CE i el FABEC. Això té sentit ja que són els dos blocs funcionals que més avançats estan en quant a l'implementació de FRA. També està molt avançat el BLUE MED, pel que fa sobretot a la part d'Itàlia, i com bé es mostra en la imatge, les rutes a Itàlia també estan afavorides per *free route*.

Un cop mostrades aquestes imatges, la Figura 6.12 mostra el percentatge d'utilització de cada un dels parells de *waypoints* al llarg d'aquests dos mesos.

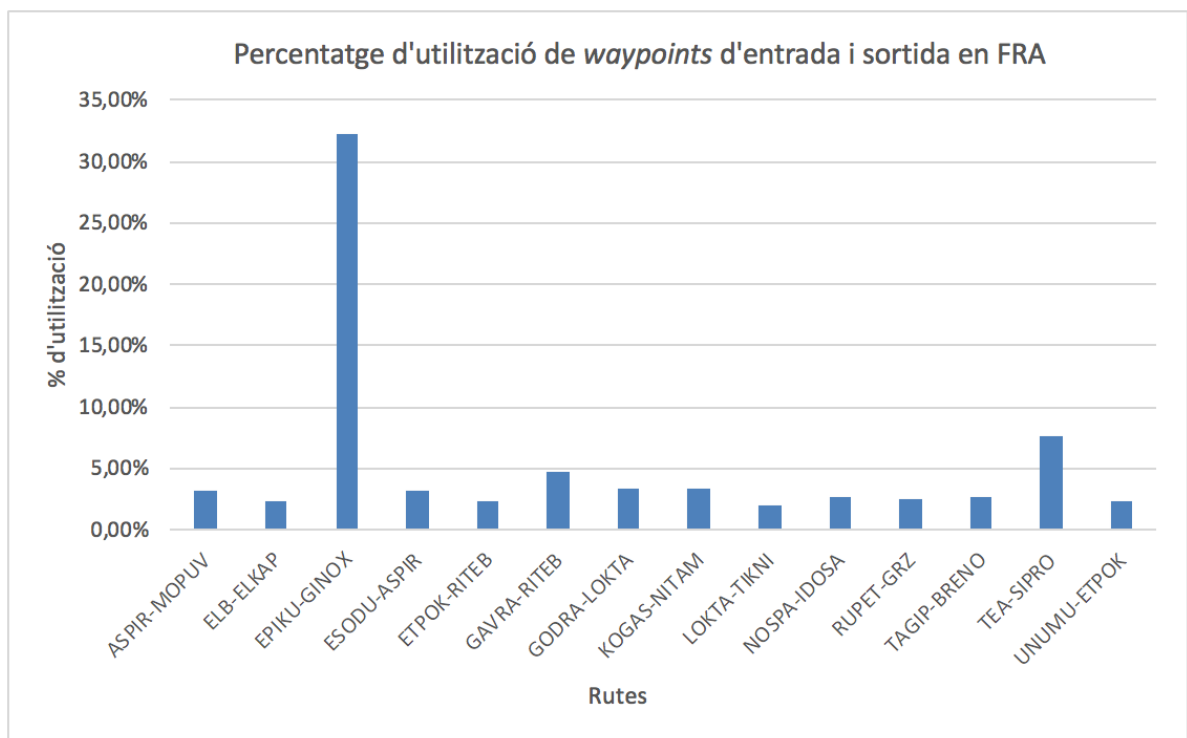


Figura 6.12. Percentatge d'utilització de *waypoints* d'entrada i sortida en FRA

El total de trajectes entre *waypoints* d'entrada i sortida de FRA és de 3.656 en els 3.070 vols. La Figura 6.11 només ens mostra aquells que es troben per sobre del 2% respecte al total.

Veiem clarament que el trajecte entre els punts EPIKU i GINOX és el més utilitzat, malgrat això, cal aclarir que aquest interval entre *waypoints* no suposa un gran

guany pel que fa a combustible ni temps de vol. Aquests dos punts es troben molt a prop del nord de l'illa de Sardenya i entre ells hi ha aproximadament 10 NM. Una distància que com he dit no comporta cap guany significatiu dins dels estudis anteriorment esmentats.

Els següents punts amb un alt percentatge d'utilització que són TEA-SIPRO i GAVRA-RITEB també es troben en territori italià. Així doncs podem veure, tal i com s'ha explicat amb anterioritat, que l'espai aeri d'aquest país es troba força operatiu en quant a *free route* disponible.

Un cop estudiat els principals WP implicats en els espais FRA sobrevolats pels avions de Vueling, en el següent apartat ens centrarem en estudiar la diferència que existeix entre les rutes operades amb origen a la península ibèrica i les rutes operades 100% fora d'ella.

No farem cap referència a rutes dins del territori espanyol ja que tal i com hem vist en apartats anteriors, el FRA no es troba operatiu en aquesta regió del continent europeu.

6.5.1. Rutes amb origen a Espanya.

Al llarg d'aquest apartat veurem quines són les rutes que han estat operant FRA amb origen dins del territori espanyol. Les dades extretes ens diuen que:

Taula 6.13. Rutes i vols operats amb i sense FRA amb origen Espanya

	Rutes	Vols
FRA	33	462
Total	736	42664
%	4,48%	1,08%

La Taula 6.13 ens mostra que tan sols l'1,08% dels vols involucrats en FRA tenen el seu origen al territori espanyol.

Degut a que cap dels espais aeris que rodegen la península al nord, sud o est tenen operatiu FRA veurem que, excepte aquelles rutes que tinguin destins al territori italià (territori més proper a Barcelona amb FRA operatiu), la gran majoria d'elles seran rutes amb distàncies superiors a les 600 NM. No tindrem vols als països propers operant rutes *free route*.

La següent Figura 6.13 ens mostra les 27 rutes (sense tenir en compte destins dins del FIR d'Itàlia) que han fet ús de FRA amb origen a Espanya i la distància que existeix del trajecte.

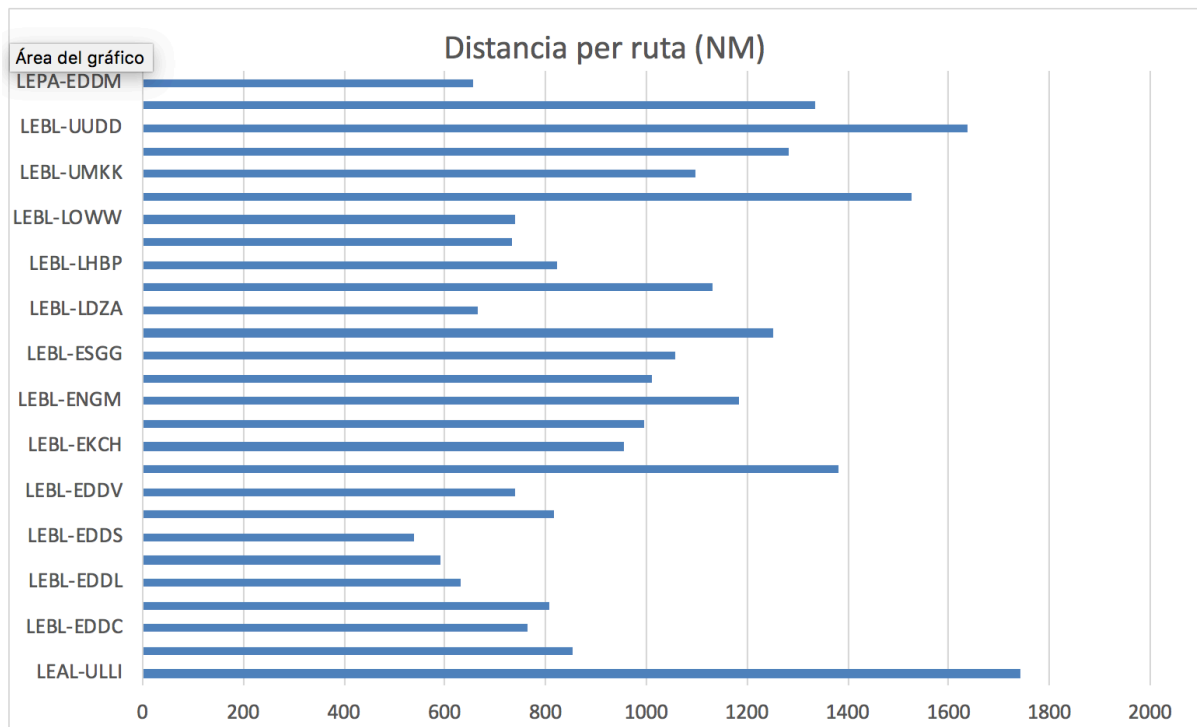


Figura 6.13. Distància operades des d'Espanya en FRA

Com be hem comentat, les distàncies d'aquests trajectes són gairebé sempre superiors a les 600 NM, aproximadament dues hores de vol. Tenint present que un avió consumeix uns 2.400 kg de combustible per hora (1200kg/h per motor), els vols operats durant aquestes distàncies consumiran quantitats superiors als 5000kg. Per tant, com hem esmentat anteriorment, amb l'objectiu de dissenyar una operativa encarada a l'estalvi de combustible, els vols interessats en operar a hores FRA haurien de ser vols de llarg radi principalment en el cas de que **l'origen fos el territori espanyol**.

6.5.2. Rutes amb origen a l'estranger

Un cop vist els resultats anteriors, en aquest apartat tractarem d'analitzar el cas per les rutes amb origen a l'estranger. Les dades extretes ens diuen que:

Taula 6.14. Rutes i vols operats amb i sense FRA amb origen fora d'Espanya

	Rutes	Vols
FRA	103	2608
Total	736	42664
%	13,99%	6,11%

I pel que fa a rutes 100% estrangeres:

Taula 6.15. Rutes i vols operats amb i sense FRA totalment estrangeres

	Rutas	Vuelos
FRA estranger	52	1223
Total	736	42664
%	7,07%	2,87%

En la Taula 6.14 i la 6.15, observem que el percentatge de vols i/o rutes FRA ha augmentat considerablement si comparem aquests resultats amb els resultats anteriors. Aquest fet és totalment lògic ja que els espais aeris operatius es troben en gran mesura al mig del territori europeu, és per aquest motiu que la gran majoria de les rutes estudiades en aquest apartat hauran de sobrevolar algun d'aquests espais en algun moment del vol.

En aquest cas, la situació plantejada seria diferent. Si descartem, com en el cas anterior, vols amb origen dins del FIR d'Itàlia i destí territori espanyol, hauríem d'obtenir, per una banda moltes més rutes involucrades; d'altra banda valors de distàncies de tot tipus, ja que en aquest cas no ens resulta obligatori allunyar-nos del nostre origen per arribar a sobrevolar un espai operatiu amb FRA.

Mitjançant la figura 6.14 podem valorar aquesta hipòtesis formulada.

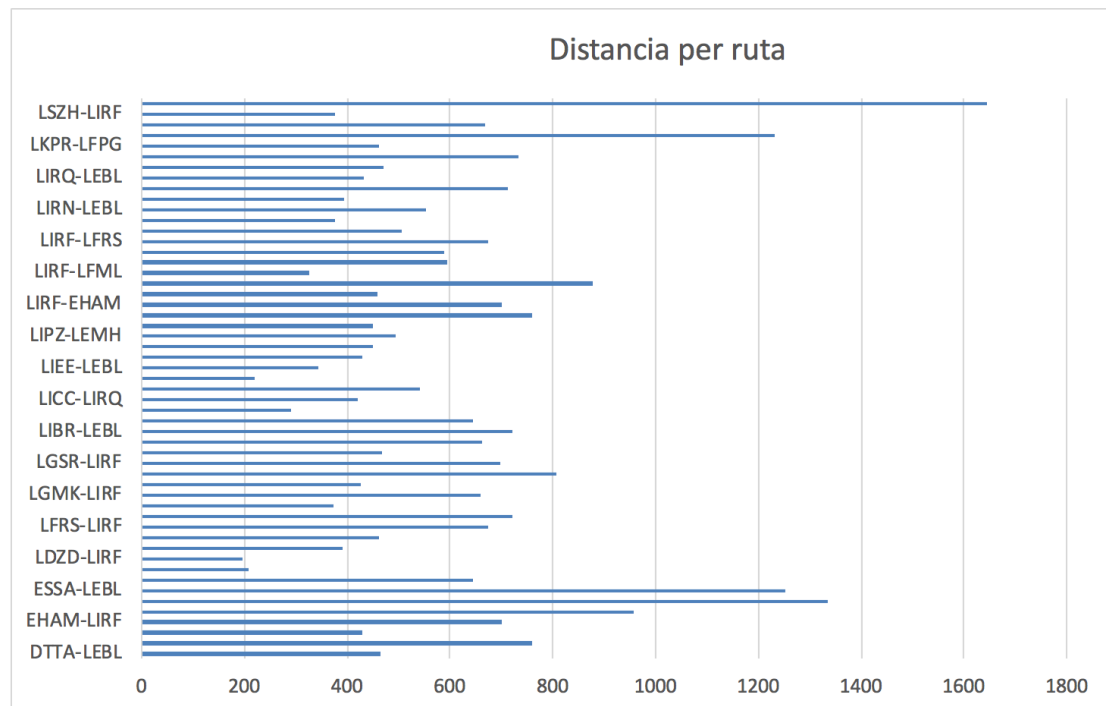


Figura 6.14. Rutes operades des de l'estranger amb FRA

Tal i com havíem predit, a la Figura 6.14, podem observar que la implicació en espai aeri *free route* en aquests casos no està subjecte a vols superiors a les 600NM, inclús vols inferiors a 200NM es veuen afectats per FRA.

Això ens indica que així com abans hem comentat que l'operativa des d'un origen espanyol hauria de ser operar, a ser possible, vols de distàncies superiors a les 6NM a les hores operatives del FRA (22:00 UTC -04:00 UTC). Pel que fa al disseny operatiu d'aquest cas, no tenim cap restricció de distàncies.

L'operativa per fer un ús eficient i rentable del FRA des d'aeroports d'orígens estrangers és molt menys restrictiva que des d'aeroports espanyols.

CAPÍTOL 7. CONCLUSIONS

En general, aquest projecte presenta els resultats de la distribució d'Europa en blocs funcionals d'espai aeri per implementar *Free Route Airspace* i veure com això beneficia a una companyia de baix cost com és Vueling a nivell de combustible i temps de vol.

A través del marc teòric s'ha vist que l'espai aeri d'Estats Units i el d'Europa tenen un tamany similar però Estat Units gestiona un 40% més de transit aeri que Europa.

La iniciativa de Cel Únic Europeu sorgeix al 1999 amb l'objectiu de millorar l'eficiència de la prestació dels serveis de navegació aèria, per poder fer front al ràpid creixement del trànsit aeri i les seves operacions en condicions segures, rentables i eficients. Aquesta iniciativa es recolza en el projecte SESAR per desenvolupar i implementar les solucions tecnològiques necessàries per augmentar el rendiment del sistema d'ATM a Europa.

Per afrontar els problemes de capacitat que sorgeixen de la mala gestió del trànsit, al 2011 Eurocontrol decideix començar a distribuir Europa en blocs funcionals per començar a eliminar fronteres i tenir un espai aeri menys fragmentat. A partir d'aquí es creen 9 blocs funcionals d'espai aeri, que permeten reduir el nombre d'ANSP de 38 a 28. Aquesta unió disminueix la fragmentació, tot i que encara s'ha de reduir més per tenir un espai aeri més eficient. A partir d'aquí, i amb els acords que cada bloc porta a terme amb els blocs del voltant es comença a implementar el *Free Route Airspace*, que permet als usuaris creuar l'espai aeri d'un país en línia recta donats un punt d'entrada i un punt de sortida.

Aquesta implementació està prevista que s'acabi al 2022 amb tota Europa utilitzant *Free Route Airspace*. Actualment, a finals del 2018 trobem que Portugal i Irlanda són els únics països de l'oest d'Europa que han implementat FRA, mentre que el centre d'Europa, i en concret Espanya, França i Regne Unit que encara no han començat l'implementació. Pel que fa als països del Nord, estan implementats per complert, a falta d'Alemanys que està en l'última fase d'implementació (de moment en horari nocturn). Els països del sud també tenen una implementació completa, excepte els del sud-est que encara han de començar-la.

Tot i que cada país va al seu ritme, s'ha aplicat també el FRA de manera transfronterera per poder distribuir el trànsit sense problemes. Tot això aporta beneficis tant als usuaris de l'espai aeri com als proveïdors de servei de navegació aèria. Als primers els aporta estalvi de combustible i reducció de la distància de vol; i als segons els facilita la feina aportant predicibilitat en les trajectòries i millor detecció de conflictes.

Pel que fa al resultats de l'estudi realitzat en l'apartat de combustible direm que:

Hem comparat les diferents configuracions d'avions en quant a estalvi econòmic de combustible i hem normalitzant els resultats obtinguts de cada una d'elles segons la quantitat de vols totals operats i el nombre total d'aeronaus que conté cada família. Els resultats obtinguts es poden observar a la Taula 7.1.

Taula 7.1. Estalvi econòmic en vols FRA

A/C Saving s	Nombre d'aeronau s	Vols operat s	Combustible (kg)	Combustible (€/vol)	%Vol s FRA
A319	5	2.054	0'29	0'18	9'29%
A320 & A32A	87	35.317	0'19	0'12	7'63%
A321	19	5.293	0'28	0'14	3'46%

Tot i que els A320 han donat uns beneficis considerables, podríem concloure que si tota la flota de Vueling estigués formada per A321 ,els guanys, tot i tenir la meitat del percentatge de vols operats amb FRA en comparació amb els A320, haurien aconseguit uns beneficis un 33% més elevat que amb els A320. Això és degut principalment al gran estalvi econòmic que genera la ruta LIRF-LEBL pel cas dels A321.

Si ens centrem en la configuració A320 & A32A podem concloure que la ruta Barcelona-Berlin (LEBL-EDDT) és la més eficient des de tots els punts de vista possibles.

En valors totals, la implementació de FRA a Europa i la seva implementació per part de Vueling , ha generat en els darrers 2 mesos un guany total de:

Guany: 388.841 €

Això significa, pel que fa a combustible, que s'aconsegueix un estalvi diari d'aproximadament uns 6.500 €.

D'altra banda podem dir que la variable temps no és tant avantatjosa com la variable combustible.

Finalment, valorem que Vueling, pel que fa a la variable de combustible, obté uns guanys al voltat de 400.000 €, tot i fer-ne un ús només del 7%, gràcies a la implementació d'espai FRA.

Com a conclusió general, extraïem que la companyia Vueling es veu afavorida de la nova manera de gestionar l'espai aeri i la forma de navegació a Europa.

7.1. Recomanacions

Un cop hem comentat les conclusions, a nivell econòmic, que ha extret la companyia Vueling gràcies a l'ús de FRA passem a donar algunes recomanacions per tal que la companyia pugui treure'n més profit:

- Intentar en un futur operar més vegades els trajectes que apareixen a les figures 6.2 representaria un benefici molt elevat per a Vueling en tots sentits.
- Incrementar un petit percentatge els vols durant l'interval horari situat entre les 22:00 UTC i les 06:00 UTC. S'ha de tenir en compte que això no depèn tant sols de la companyia, ja que han de ser els aeroports els que et proporcionin un *slot* en l'interval de temps que ens interessa.
- Intentar maximitzar el nombre de vols operats amb origen dins del territori espanyol i amb distàncies de ruta superiors a les 600 NM dins dels horaris operatius del FRA.

BIBLIOGRAFIA

- EUROCONTROL (2016). *2015 Comparison of Air Traffic Management-Related Operational Performance: U.S.A. and Europe*. [online] p.17. Disponible a: <https://www.eurocontrol.int/publications/2015-comparison-air-traffic-management-related-operational-performance-usa-and-europe> [Consultat 16 Abr. 2018].
- Comission Regulation /EU/No 176/2011, Report from the Commission 731, 2011 [Consultat 23 Jul. 2018]
- Free route airspace (FRA). (2018). Recuperat de <https://www.eurocontrol.int/articles/free-route-airspace>
- Hodgkinson, D. and Johnston, R. (2018). *Aviation law and drones*. 1st ed. Oxon: Routledge. [Consultat 10 Ago. 2018]
- *Study on Functional Airspace Blocks*. (2017). 1st ed. [ebook] Integra. Available at: <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/2017-01-study-on-functional-airspace-blocks.pdf> [Consultat 15 Ago. 2018].
- Mobility and Transport. (2018). *Functional airspace blocks (FABs) - Mobility and Transport - European Commission*. [online] Available at: https://ec.europa.eu/transport/modes/air/single-european-sky/functional-airspace-blocks-fabs_en [Consultat 12 Ago. 2018].
- Morris, H. (2018). *How many planes are there in the world right now?*. [online] The Telegraph. Available at: <https://www.telegraph.co.uk/travel/travel-truths/how-many-planes-are-there-in-the-world/> [Consultat 7 Ago. 2018].
- Enroute Caribbean. (2018). Recuperat de http://aeronav.faa.gov/digital_enroute_planning.asp?eff=02-06-2014&end=04-03-2014
- Single European Sky – Mobility and Transport – European Commission. (2018). Recuperat de https://ec.europa.eu/transport/modes/air/single_european_sky_en
- SESAR Joint Undertaking | SESAR investigates benefits of dynamic airspace configuration. (2018). Recuperat de <https://www.sesarju.eu/news/sesar-investigates-benefits-dynamic-airspace-configuration>
- Avinor. (2018). *Free Route Airspace* [PDF]. Recuperat de https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/systemops/ato_intl/documents/cross_polar/CPWG23/CPWG23_Brf_Avinor_Update.pdf

- SESAR: Cielo Único Europeo. (2018). Recuperat de-.
<https://www.ineco.com/webineco/que-hacemos/principales-proyectos/sesar-cielo-único-europeo>
- “NUAC – Nordic Unified Air Traffic Control – A successful partnership” (2018). Recuperat de:
http://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/modes/air/ses/ses-award/projects/doc/nuac_presentation.pdf
- FABEC (2018). Recuperat de
https://www.fabec.eu/others/download_file.htm?ITEM_ID=18425&dlttype=ITEMPDF&readdirect=1
- SESAR operational changes | European Aviation Environmental Report. (2018). Retrieved from <https://www.easa.europa.eu/eaer/topics/air-traffic-management-and-operations/sesar-operational-changes>



Escola d'Enginyeria de Telecomunicació i
Aeroespacial de Castelldefels

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

ANNEXOS

TÍTOL DEL TFG: Anàlisi comparatiu del model de navegació aèria entre EEUU i Europa

TITULACIÓ: Grau en Enginyeria d'Aeronavegació

AUTORS: Adrià Mas Mascolo
Anna Riera López

DIRECTORA: Joana Rubio Lopez

DATA: 6 de Setembre 2018

ANNEX A.

A.1. Taula A319 Combustible

A319																
Route	Distance	EnrouteTime	EnrouteTime sin DCT	Time savings	Total flights	Flights (FRA)	Flights sin DCT	%Flights (FRA)	Promedio de Direct:BurnFuel (FRA)	BurnFuel sin DCT	% BurnFuel savings	\$ BurnFuel savings per Flight	Total BurnFuel savings(kg)	€ Total BurnFuel savings		
LEBL-EDDV	739	123	126		3	39	7	29	18%	1	4982	5130	2,89%	\$107	1039	643 €
LEMD-LIRQ	687	109	108	-1	33	5	2	15%	1	4400	4543	3,14%	\$103	714		442 €
LIRQ-EKCH	712	114	118	4	18	17	1	94%	1,176470588	4453	4528	1,65%	\$54	1267		784 €
														3020		1.869 €

Figura A.1. Taula A319 Combustible

A.2. Taula A320&A320A Combustible

A320&A32A	Route	Distance	EnrouteTime	EnrouteTime sin DCT	Time savings	Total flights	Flights (FRA)	Flights sin DCT	%Flights FRA	Promedio de Directs	BurnFuel (FRA)	BurnFuel sin DCT	%BurnFuel savings	\$ BurnFuel savings per Flight	Total BurnFuel savings (kg)	\$ Total BurnFuel savings	€ Total BurnF	Total BurnFuel
	LEBL-EDDT	816	136	156	20	61	60	1	98,36%	1,23	5807	7273	20,15%	\$1.055	87952	\$63.281	54.422 €	892 €
	LIRF-LFPG	595	103	119	16	43	5	1	11,63%	1,00	4423	5333	17,06%	\$655	4550	\$3.274	2.815 €	65 €
	LKPR-LFPG	461	78	84	6	43	42	1	97,67%	1,00	3359	4026	16,58%	\$480	28027	\$20.165	17.342 €	403 €
	LGPZ-LIRF	427	82	85	3	12	11	1	91,67%	1,00	3414	4016	14,99%	\$433	6621	\$4.764	4.097 €	341 €
	LGAZ-LIRF	467	86	92	6	29	26	3	89,66%	1,00	3525	4111	14,24%	\$421	15225	\$10.954	9.421 €	325 €
	EHAM-LIRF	701	112	127	15	104	80	2	76,92%	1,00	4803	5472	12,22%	\$481	53485	\$38.482	33.095 €	318 €
	ESSA-LEBL	1251	192	209	17	70	13	1	18,57%	1,00	8055	9161	12,07%	\$796	14377	\$10.344	8.896 €	127 €
	LEMH-LIPZ	494	78	84	6	8	6	1	75,00%	1,00	3261	3686	11,53%	\$306	2550	\$1.835	1.578 €	197 €
	LIRF-EGKK	760	128	123	-5	121	1	8	0,83%	1,00	5058	5583	9,40%	\$377	525	\$377	325 €	3 €
	LIRF-EHAM	701	125	129	5	105	24	2	22,86%	1,63	5268	5801	9,18%	\$383	12773	\$9.190	7.904 €	75 €
	LEBL-LKPR	734	122	129	7	118	111	5	94,07%	1,00	5092	5585	8,84%	\$355	54783	\$39.416	33.898 €	287 €
	LIPZ-LEMH	494	88	91	3	8	1	7	12,50%	1,00	3577	3902	8,33%	\$234	325	\$234	201 €	25 €
	LIOC-LIRF	291	65	69	4	98	85	11	86,73%	1,00	2873	3126	8,11%	\$182	21556	\$15.509	13.338 €	136 €
	LIGR-LIRF	720	125	126	1	12	8	2	66,67%	1,38	5141	5590	8,04%	\$323	3595	\$2.587	2.224 €	185 €
	LIRF-LEBL	458	84	89	5	297	292	2	98,32%	1,00	3671	3988	7,95%	\$228	92599	\$66.625	57.297 €	193 €
	EGKK-LIRF	760	123	125	3	123	110	7	89,43%	1,43	5102	5538	7,87%	\$314	47959	\$34.506	29.675 €	241 €
	LFLL-LIRF	390	74	72	-2	31	2	28	6,45%	1,00	2893	3114	7,09%	\$159	442	\$318	273 €	9 €
	LEIB-LIPE	560	91	97	6	9	2	2	22,22%	1,00	3785	4071	7,01%	\$205	571	\$411	353 €	39 €
	LSZH-LIRF	375	75	73	-2	44	7	1	15,91%	1,00	2966	3182	6,77%	\$155	1509	\$1.086	934 €	21 €
	LIRF-LFPO	588	96	102	6	139	3	9	2,16%	1,00	4195	4492	6,61%	\$214	891	\$641	551 €	4 €
	LMML-LEBL	667	118	126	8	61	56	5	91,80%	1,00	4959	5302	6,47%	\$247	19203	\$13.816	11.882 €	195 €
	LICJ-LEBL	542	98	100	2	41	34	3	82,93%	1,00	4246	4530	6,26%	\$204	9644	\$6.939	5.967 €	146 €
	LONK-LIRF	660	118	116	-2	75	64	3	85,33%	1,42	4651	4954	6,13%	\$218	19433	\$13.982	12.025 €	160 €
	LDZD-LIRF	195	49	51	2	6	2	4	33,33%	2,00	2118	2248	5,79%	\$94	261	\$187	161 €	27 €
	LEBL-EDDV	739	123	128	5	22	13	5	59,09%	1,00	5115	5423	5,68%	\$222	4012	\$2.887	2.483 €	113 €
	LEBL-EDDM	592	108	111	3	181	25	7	13,81%	1,00	4587	4858	5,59%	\$195	6786	\$4.882	4.199 €	23 €
	LGSR-LIRF	697	119	122	3	96	85	10	88,54%	1,05	4678	4941	5,32%	\$189	22342	\$16.075	13.824 €	144 €
	LIBR-LEBL	720	121	125	4	16	15	1	93,75%	1,00	5216	5506	5,27%	\$209	4354	\$3.133	2.694 €	168 €
	LFRR-LIRF	674	109	114	5	23	20	2	86,96%	1,00	4558	4799	5,02%	\$173	4820	\$3.468	2.982 €	130 €
	LIRN-LEBL	553	100	102	2	117	110	5	94,02%	1,01	4319	4535	4,76%	\$155	23758	\$17.094	14.701 €	126 €
	OLBA-LEBL	1643	257	257	0	36	34	2	94,44%	1,00	10745	11261	4,58%	\$371	17552	\$12.629	10.861 €	302 €
	LIEE-LEBL	343	70	71	1	52	11	41	21,15%	1,00	3034	3173	4,39%	\$100	1534	\$1.104	949 €	18 €
	LEBL-EDDL	630	114	117	2	57	8	49	14,04%	1,00	4849	5045	3,89%	\$141	1569	\$1.129	971 €	17 €
	EHAM-LIJC	430	76	79	3	54	4	50	7,41%	1,00	3390	3527	3,89%	\$99	548	\$394	339 €	6 €
	LFPG-LKPR	461	78	81	2	43	9	5	20,93%	1,00	3429	3554	3,52%	\$90	1126	\$810	697 €	16 €
	LICC-LEBL	645	117	116	0	51	32	4	62,75%	1,00	4941	5100	3,11%	\$114	5071	\$3.649	3.138 €	62 €
	LGRP-LIRF	806	137	140	3	17	7	4	41,18%	1,14	5760	5915	2,61%	\$111	1083	\$779	670 €	39 €
	LEBL-EDDH	806	138	140	2	60	6	28	10,00%	1,00	5861	5987	2,12%	\$91	760	\$547	470 €	8 €
	LLBG-LIRF	1232	195	194	-2	36	13	21	36,11%	1,23	8364	8533	1,98%	\$121	2194	\$1.579	1.358 €	38 €
	LDSP-LEBL	644	112	110	-2	59	33	1	55,93%	1,00	4655	4747	1,94%	\$66	3041	\$2.188	1.882 €	32 €
	LIBD-LEBL	663	116	116	0	23	17	5	73,91%	1,00	5026	5109	1,63%	\$60	1412	\$1.016	874 €	38 €
	DTTA-LEBL	464	95	94	0	11	4	1	36,36%	1,00	3687	3717	0,81%	\$22	121	\$87	75 €	7 €
	LEBL-EKCH	956	153	157	4	71	14	7	19,72%	1,00	6379	6415	0,57%	\$26	514	\$370	318 €	4 €
	LDSP-LIRF	208	50	50	0	90	37	53	41,11%	2,00	2196	2207	0,52%	\$8	424	\$305	262 €	3 €
															601875		\$372.421	

Figura A.2. Taula A320&A32A Combustible

A.3. Taula A321 Combustible

A321	Route	Promedio de EnrouteTime	EnrouteTime sin DCT	Time savings	Total flights	Flights (FRA)	Flights sin DCT	%Flights FRA	Promedio de Directs	BurnFuel (FRA)	BurnFuel sin DCT	% BurnFuel savings	\$ BurnFuel savings per Flight	Total BurnFuel savings (kg)	\$ Total BurnFuel savings	€ Total BurnF	Total BurnFuel
	LEBL-EKCH	956	153	155	55	14	7	25,45%	1,071428571	6960	7000	0,57%	\$29	556	\$400	344 €	6 €
	LIBD-LEBL	663	115	120	20	19	1	95,00%	1	5430	5791	6,23%	\$260	6860	\$4.936	4.245 €	212 €
	LIRF-LEBL	458	83	84	54	53	1	98,15%	1	4010	4301	6,76%	\$209	15421	\$11.095	9.542 €	177 €
														22837	\$16.431	14.131 €	

Figura A.3. Taula A321 Combustible

ANNEX B. TAULA FRA PER HORA

Horas	Total Flights	Flights (FRA)	Flights sin DCT	%Vuelos con FRA	EnrouteTime (FRA)	Average [EnrouteTime sin DCT	Average Distance sin DCT	Promedio de Directs	
0	148	26	75	17,57%	141	828	64	312	1,08
1	262	167	37	63,74%	164	1006	80	444	1,22
2	183	69	9	37,70%	218	1403	65	331	1,09
3	156	32	32	20,51%	171	1064	68	357	1,34
4	1179	50	622	4,24%	158	1001	76	421	1,06
5	4050	220	2846	5,43%	118	698	69	372	1,11
6	1509	69	844	4,57%	106	612	53	254	1,30
7	2833	144	2052	5,08%	96	533	65	344	1,03
8	2706	241	1270	8,91%	102	583	90	518	1,33
9	2135	121	1322	5,67%	125	747	75	412	1,41
10	2367	93	1391	3,93%	135	838	78	428	1,60
11	2194	97	1245	4,42%	93	509	73	389	1,15
12	2141	249	1109	11,63%	114	670	81	459	1,02
13	2227	235	1212	10,55%	116	686	82	464	1,10
14	2290	139	1362	6,07%	111	663	71	384	1,36
15	2437	251	1427	10,30%	88	501	68	362	1,21
16	2517	155	1654	6,16%	115	669	75	410	1,13
17	2267	11	1479	0,49%	156	954	70	380	1,00
18	2209	88	1197	3,98%	94	518	71	393	1,06
19	2489	171	1441	6,87%	95	524	71	392	1,05
20	2153	199	1374	9,24%	116	683	66	347	1,34
21	1360	73	802	5,37%	191	1224	60	300	1,44
22	623	112	233	17,98%	177	1085	62	331	1,10
23	229	58	124	25,33%	190	1165	44	194	1,05

Figura B.1. Taula FRA per hora

ANNEX C. DIMENSIONS A320

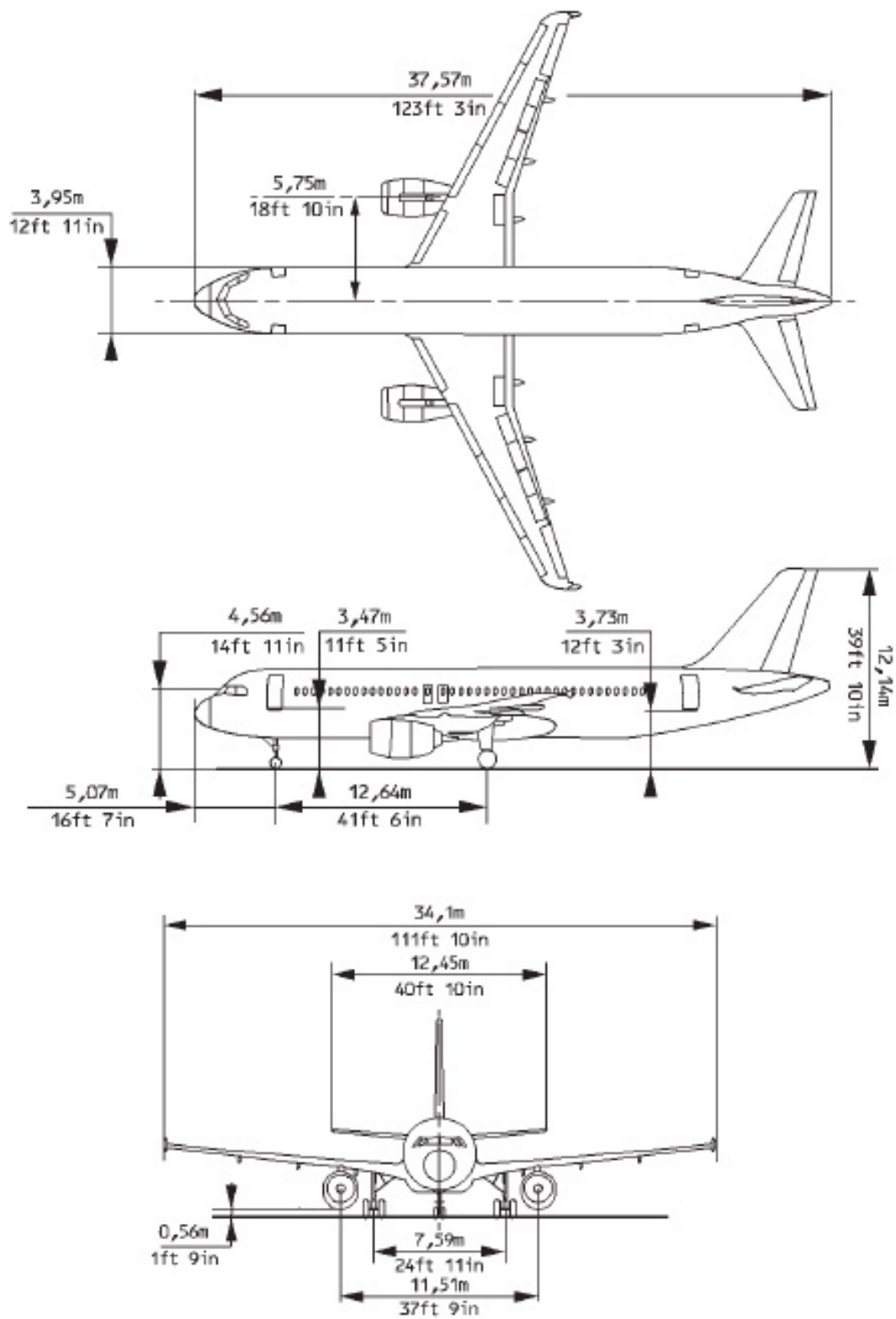


Figura C.1. Dimensions A320

ANNEX D. CODI MATLAB

```

%%MAIN

%PART 1:
%Llegim les dades agrupades del fitxer "ATC_JUN_JUL_2018" i creem
%dos fitxers Excel.

filename = 'VuelosDCT.xls';      %Fitxer Excel que conté els vols amb DCT
filename2= 'VuelossinDCT.xls';   %Fitxer Excel que conté els vols sense DCT

[num,x,datosVueling]=xlsread('ATC_JUN_JUL_2018.xlsx');
[porcentaje,VueloDCT,VuelosinDCT,cantidad] =
buscarDCT(datosVueling,filename,filename2);

%PART 2:
%D'aquells vols amb DCT busquem quins son en espai aeri FRA.
%Utilitzem el fitxer "DCT_FF" proporcionat per la propia companyia.

[num3,x3,FRA]=xlsread('DCT_FF.xlsx','FRA');

filename3= 'VuelosFRA.xls';      %Fitxer Excel amb els vols que sobrevolen FRA
filename4= 'WP_FRA.xls';        %Fitxer Excel amb els WP FRA

[porcentaje2,VueloFRA,cantidad2,WPoints] =
buscarFRA(VueloDCT,FRA,filename3,filename4);

fprintf('Hay %d vuelos empleando FRA. \n',cantidad2);
fprintf('El porcentaje de rutas FRA es: %d.\n',porcentaje);

%PART 3:
%Plotejem sobre un mapa europeu alguns dels WP FRA.

[num4,x4,FRA]=xlsread('WPpoints.xlsx','Hoja2');

figure
worldmap('europe');
geoshow('landareas.shp', 'FaceColor', [0.12 0.70 0.10]);

for i=2:length(FRA)/4
    labelLat=cell2mat(FRA(i,4));
    labelLon=cell2mat(FRA(i,3));
    string=strjoin(FRA(i,7));
    textm(labelLat,labelLon,string);

    labelLat2=cell2mat(FRA(i,6));
    labelLon2=cell2mat(FRA(i,5));
    string2=strjoin(FRA(i,8));
    textm(labelLat2,labelLon2,string2);
    linem([labelLat;labelLat2],[labelLon;labelLon2],'-bs');
end

figure

```

```

worldmap('europe');
geoshow('landareas.shp', 'FaceColor', [0.12 0.7 0.10]);
for i=length(FRA)/4:length(FRA)/2
    labelLat=cell2mat(FRA(i,4));
    labelLon=cell2mat(FRA(i,3));
    string=strjoin(FRA(i,7));
    string2=strjoin(FRA(i,8));
    textm(labelLat,labelLon,string);

    labelLat2=cell2mat(FRA(i,6));
    labelLon2=cell2mat(FRA(i,5));
    textm(labelLat2,labelLon2,string2);
    linem([labelLat;labelLat2],[labelLon;labelLon2],'-bs');
end

figure
worldmap('europe');
geoshow('landareas.shp', 'FaceColor', [0.12 0.7 0.10]);
for i=length(FRA)/2:3*(length(FRA)/4)
    labelLat=cell2mat(FRA(i,4));
    labelLon=cell2mat(FRA(i,3));
    string=strjoin(FRA(i,7));
    string2=strjoin(FRA(i,8));
    textm(labelLat,labelLon,string);

    labelLat2=cell2mat(FRA(i,6));
    labelLon2=cell2mat(FRA(i,5));
    textm(labelLat2,labelLon2,string2);
    linem([labelLat;labelLat2],[labelLon;labelLon2],'-bs');
end

figure
worldmap('europe');
geoshow('landareas.shp', 'FaceColor', [0.12 0.7 0.10]);
for i=3*(length(FRA)/4):length(FRA)
    labelLat=cell2mat(FRA(i,4));
    labelLon=cell2mat(FRA(i,3));
    string=strjoin(FRA(i,7));
    string2=strjoin(FRA(i,8));
    textm(labelLat,labelLon,string);

    labelLat2=cell2mat(FRA(i,6));
    labelLon2=cell2mat(FRA(i,5));
    textm(labelLat2,labelLon2,string2);
    linem([labelLat;labelLat2],[labelLon;labelLon2],'-bs');
end

```

%FUNCIO DCT

%Funció que busca del total de vols dels dos mesos aquells que tenen algun
%DCT waypoint al llarg de la ruta.

```

function
[porcentaje,VueloDCT,VuelosinDCT,cantidad]=buscarDCT(datosVueling,filename,fil
ename2)

g=1;
k=1;
p=1;
for i=2:length(datosVueling)
    h=11;
    ContDCT=0;
    for j=16:size(datosVueling,2)
        WPdirect=strcmp('DCT',datosVueling(i,j));
        if (WPdirect==1)
            if (ContDCT==0)
                VueloDCT(g,1)=datosVueling(i,1);
                VueloDCT(g,2)=datosVueling(i,2);
                VueloDCT(g,3)=datosVueling(i,4);
                VueloDCT(g,4)=datosVueling(i,5);
                VueloDCT(g,5)=datosVueling(i,8);
                VueloDCT(g,6)=datosVueling(i,9);
                VueloDCT(g,7)=datosVueling(i,10);
                VueloDCT(g,8)=datosVueling(i,13);
                VueloDCT(g,9)=datosVueling(i,14);
                VueloDCT(g,h)=datosVueling(i,j-1);
                VueloDCT(g,h+1)=datosVueling(i,j+1);
                ContDCT=ContDCT+1;
                h=h+2;
                g=g+1;
            else
                match=strcmp(datosVueling(i,j-1),VueloDCT(g-1,h-1));
                if (match==1)
                    VueloDCT(g-1,h)=datosVueling(i,j+1);
                    ContDCT=ContDCT+1;
                    h=h+1;
                else
                    VueloDCT(g-1,h)=datosVueling(i,j-1);
                    VueloDCT(g-1,h+1)=datosVueling(i,j+1);
                    ContDCT=ContDCT+1;
                    h=h+2;
                end
            end
        end
        if (j==size(datosVueling(i,:),2) && ContDCT~=0)
            VueloDCT(k,10)=num2cell(ContDCT);
            k=k+1;
        end
        if (j==size(datosVueling(i,:),2) && ContDCT==0)
            VuelosinDCT(p,1)=datosVueling(i,1);
            VuelosinDCT(p,2)=datosVueling(i,2);
            VuelosinDCT(p,3)=datosVueling(i,4);
            VuelosinDCT(p,4)=datosVueling(i,5);
            VuelosinDCT(p,5)=datosVueling(i,8);
            VuelosinDCT(p,6)=datosVueling(i,9);
            VuelosinDCT(p,7)=datosVueling(i,10);

```

```

        VuelosinDCT(p,8)=datosVueling(i,13);
        VuelosinDCT(p,9)=datosVueling(i,14);
        p=p+1;
    end

end

cantidad=length(VueloDCT);
porcentaje=(cantidad/length(datosVueling))*100;

%Tabla de vuelos con DCT
FlightDate = VueloDCT(1:end,1);
ETD = VueloDCT(1:end,2);
Reg = VueloDCT(1:end,3);
AC = VueloDCT(1:end,4);
Origin = VueloDCT(1:end,5);
Destination = VueloDCT(1:end,6);
BurnFuel = VueloDCT(1:end,7);
EnrouteTime = VueloDCT(1:end,8);
Distance = VueloDCT(1:end,9);
Directs = VueloDCT(1:end,10);
WP = VueloDCT(1:end,11:end);

T
=
table(FlightDate,ETD,Reg,AC,Origin,Destination,BurnFuel,EnrouteTime,Distance,D
irects,WP);
writetable(T,filename);

%Tabla de Vuelos sin DCT
FlightDate2 = VuelosinDCT(1:end,1);
ETD2 = VuelosinDCT(1:end,2);
Reg2 = VuelosinDCT(1:end,3);
AC2 = VuelosinDCT(1:end,4);
Origin2 = VuelosinDCT(1:end,5);
Destination2 = VuelosinDCT(1:end,6);
BurnFuel2 = VuelosinDCT(1:end,7);
EnrouteTime2 = VuelosinDCT(1:end,8);
Distance2 = VuelosinDCT(1:end,9);

P
=
table(FlightDate2,ETD2,Reg2,AC2,Origin2,Destination2,BurnFuel2,EnrouteTime2,D
istance2);
writetable(P,filename2);

end
%FUNCIO FRA

%Funció que ens separa de tots aquells vols que tenen DCT waypoints,
%aquells que pertanyne a un espai aeri FRA.

function
[porcentaje,VueloFRA,cantidad,WP]=buscarFRA(datos,FRA,filename,filename2)
g=1;
p=1;

```

```

q=1;
for i=2:length(datos)
    h=13;
    ContDCT=0;
    for j=11:size(datos,2)
        puntoFP=datos(i,j);
        for k= 2:length(FRA)
            puntoFRA=FRA(k,3);
            match=strcmp(puntoFP,puntoFRA);
punto del FRA                                     %match primer
            if(match==1)
                match2=strcmp(datos(i,j+1),FRA(k,4));
segundo punto del FRA                             %match
            if(match2==1)
                WP(p,1)=datos(i,j);
                WP(p,2)=datos(i,j+1);
                p=p+1;
                if(g>1 && i==x)
                    VueloFRA(g-1,h)=datos(i,j);
                    VueloFRA(g-1,h+1)=datos(i,j+1);
                    ContDCT=ContDCT+1;
                    h=h+2;
                    g=g-1;
                else
                    VueloFRA(g,1)=datos(i,1);
                    VueloFRA(g,2)=datos(i,2);
                    VueloFRA(g,3)=datos(i,3);
                    VueloFRA(g,4)=datos(i,4);
                    VueloFRA(g,5)=datos(i,5);
                    VueloFRA(g,6)=datos(i,6);
                    VueloFRA(g,7)=datos(i,7);
                    VueloFRA(g,8)=datos(i,8);
                    VueloFRA(g,9)=datos(i,9);
                    VueloFRA(g,11)=datos(i,j);
                    VueloFRA(g,12)=datos(i,j+1);
                    ContDCT=ContDCT+1;
                    x=i;
                    end
                    g=g+1;
                    break
                end
            end
        end
        if(j==size(datos(i,:),2)&&ContDCT~=0)
            VueloFRA(q,10)=num2cell(ContDCT);
            q=q+1;
            end
        end
    end
end

cantidad=length(VueloFRA);
porcentaje=(cantidad/length(datos))*100;

%Tabla de vuelos con FRA
FlightDate = VueloFRA(1:end,1);
ETD = VueloFRA(1:end,2);
Reg = VueloFRA(1:end,3);
AC = VueloFRA(1:end,4);
Origin = VueloFRA(1:end,5);
Destination = VueloFRA(1:end,6);
BurnFuel = VueloFRA(1:end,7);
EnrouteTime = VueloFRA(1:end,8);
Distance = VueloFRA(1:end,9);
Directs = VueloFRA(1:end,10);
WP2 = VueloFRA(1:end,11:end);

```

```
T =  
table(FlightDate,ETD,Reg,AC,Origin,Destination,BurnFuel,EnrouteTime,Distance,D  
irects,WP2);  
writetable(T,filename);  
  
WP = WP(1:end,1:end);  
  
P= table(WP);  
writetable(P,filename2);  
  
end
```